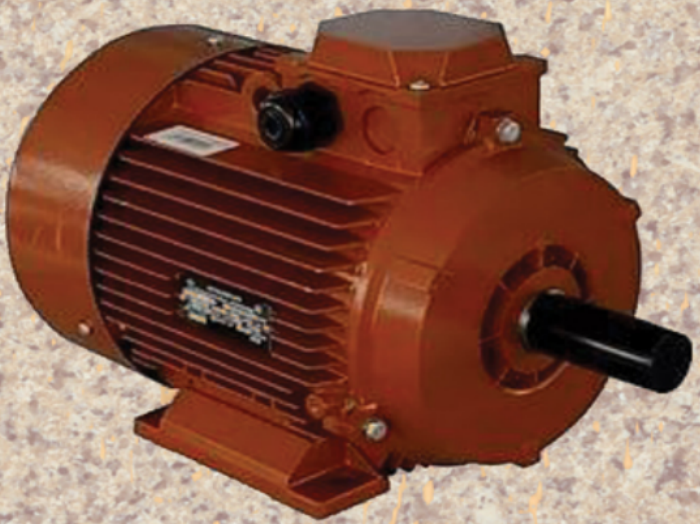
Г.Г. Лаптев

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ



SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Настоящее пособие является универсальным переработанным вариантом учебников, пособий и справочников по теме «Электротехнические и электромонтажные работы» и включает в себя в сжатой форме все разделы по данной теме. В нём полностью сохранены структура и методология изложения материала. Содержание пособия полностью соответствует действующей программе по курсу «Электроснабжение промышленных предприятий». В книге в доступной для учащихся форме на современном уровне излагаются все основные понятия об электроустановках, сведения о технологии электромонтажных работ, в полном объёме раскрыты вопросы по ТБ при производстве электромонтажных работ.

Большим достоинством пособия является то, что оно позволяет дать целостное представление о производстве электротехнических и электромонтажных работ. Оно снабжено рисунками, поясняющими устройство распределительных устройств и электротехнической аппаратуры, приводятся изображения электроустановок на чертежах и схемах, показаны приёмы монтажных работ на электроустановках.

Книга предназначена для учащихся профессиональных учебных заведений и работников рабочих профессий элктротехнической промышленности.

Она окажет учащимся помощь в самостоятельной работе по составлению рефератов и отчётов по практике с темой «Электротехнические и электромонтажные работы».

- Г. Г. Лаптев
  - ПРЕДИСЛОВИЕ
  - ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ
    - Основные понятия и определения
    - Электрические сети
    - Изображение электроустановок на чертежах
    - Распределительные устройства
    - Аппараты распределительных устройств напряжением до 1 000В
    - Аппараты дистанционного управления и контроля
    - Схемы дистанционного управления с коммутационными аппаратами
  - ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОНТАЖЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

- Рабочее место
- Организационные принципы ведения монтажных работ
- Применение аккумуляторов
- Электромонтажные изделия
- Электротехнические материалы
- Полупроводниковые материалы
- Технология электромонтажных работ
- Техническая документация
- Монтаж электропроводов
- Паяние и лужение
- Монтаж кабельных линий
- Электрические машины
- Ремонт электрических машин
- Ремонт коллекторов
- Уход за подшипниками качения
- Уход за подшипниками скольжения
- Испытания электрических машин после ремонта
- Электроизмерительные приборы
- Устройство, ремонт и монтаж трансформаторов
- Электротехнические профессии

○ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ
- Причины электротравматизма
- Поражение людей током происходит чаще всего вследствие:
- Предупреждение травматизма
- Заземление
- Статическое электричество
- Пожарная безопасность электроустановок
- Первая медицинская помощь при поражении электрическим током

○ ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
○ ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
○ Литература

Г. Г. Лаптев
Электротехнические и электромонтажные работы

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное электромонтажное производство характеризуется высоким уровнем индустриализации и механизации. Оно требует от электромонтажников различных специализаций прочных знаний и владения передовыми методами труда. Профессия слесаря-электромонтажника отличается универсальностью. Разносторонность знаний и умений составляет сложность данной профессии и требует от учащегося-практиканта большого труда и упорства в овладении специальностью.

Электромонтажник должен знать устройство и владеть навыками сборки, монтажа и регулировки электрических машин, трансформаторов, оборудования распределительных устройств, кабельных линий, а также электрических сетей и различных видов специального электрооборудования. Он должен иметь представление об электрических станциях, силовом оборудовании, хорошо знать устройство и принцип действия аппаратов и приборов, которые предназначены для управления электрооборудованием и контроля за ним, читать электрические схемы, знать, как правильно организовать электромонтажные работы, как и каким инструментом пользоваться при их проведении, уметь находить пути повышения производительности труда, владеть навыками выполнения работ по своей профессии.

Электромонтажник должен уметь заряжать аппаратуру, вести скрытую и открытую проводку в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ), производить заземление, паять и лудить, определять и устранять неисправности распределительных щитов, видимые неисправности электрических машин; определять техническое состояние трансформаторов и дросселей.

С развитием электроэнергетики всё большее значение приобретает совершенствование устройств вторичной коммуникации, на которые возлагаются функции управления первичным (силовым) оборудованием и режимами работы этого оборудования. Из устройств вторичной коммуникации наиболее распространены системы дистанционного управления и контроля, релейная защита, системы автоматического регулирования возбуждения и распределения реактивной мощности, регулирования частоты и распределения активной мощности, частотной разгрузки, пуска синхронных генераторов, повторного включения и ввода резервного оборудования и др.

С увеличением объёма по строительству электростанций и сетей возрастает объём монтажа устройств вторичной коммуникации. Эту работу выполняют квалифицированные рабочие – электромонтажники по вторичным цепям.

Таким образом, функционирование разного рода электроустановок находится в прямой зависимости от надёжности функционирования устройств вторичной коммуникации, следовательно, от качества их монтажа.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Основные понятия и определения

Для производства электроэнергии, её преобразования, передачи, распределения и потребления служат электроустановки, которые подразделяются по назначению, роду тока и напряжению.

По назначению электроустановки бывают генерирующие (вырабатывающие электроэнергию), потребительские (потребляющие электроэнергию) и преобразовательно-распределительные (передающие, преобразующие электроэнергию в удобный для потребителей вид и распределяющие её между ними).

По роду тока электроустановки бывают постоянного и переменного тока, а по напряжению – до1 000В и выше 1 000В.

Производят электроэнергию устанавливаемые на электрических станциях электрические генераторы.

Потребительские установки – это множество приёмников электроэнергии, устанавливаемых у потребителей. Потребителями электроэнергии являются все отрасли народного хозяйства, а также культурно-бытовые здания, больницы, научные учреждения и учебные заведения. Приёмники электроэнергии разнообразны: электрические двигатели (приводы различного станочного оборудования и электрического транспорта); электротехнологическое оборудование (сварочные машины и аппараты, электрические печи, станки для электроискровой обработки металлов); электробытовые приборы (электрические плиты, пылесосы, стиральные машины, холодильники и т. д.); радиоприёмники, телевизоры; электромедицинские приборы и аппараты (рентгеновские аппараты, аппараты для электротерапии и электродиагностики); приборы и установки для научных учреждений (осциллографы, электронные микроскопы, радиотелескопы, синхрофазотроны), и различные электрические источники света.

Для передачи и распределения электроэнергии служат электрические сети, связывающие электрические станции между собой и с потребителями при помощи линий электропередачи. Преобразование электроэнергии по напряжению (повышение и понижение) осуществляется на трансформаторных подстанциях, а по роду тока (переменного напряжения в постоянное и постоянного в переменное) – на преобразовательных.

По конструктивному исполнению электрические сети подразделяются на: воздушные (закрепляют провода с помощью изоляторов на опорах), кабельные (укладывают силовые кабели

под землёй непосредственно в грунт или в соответствующих кабельных канализациях) и в виде электропроводок, прокладываемых изолированными проводами (в зданиях открыто по строительным основаниям, скрыто в каналах или бороздах конструктивных элементов).

В отличие от других видов продукции электрическая энергия характеризуется единством и непрерывностью процессов её производства, передачи и потребления.

Основным промышленным предприятием в электроэнергетике является электрическая система (энергосистема), представляющая собой совокупность взаимосвязанных электростанций, электрических и тепловых сетей и потребителей электрической и тепловой энергии, объединённых единством процесса производства, передачи и потребления энергии. Совокупность электрического оборудования объектов энергосистемы называют электрической частью энергосистемы.

Процесс управления и контроля силовыми электрическими цепями осуществляется во вторичный цепях преимущественно коммутацией тока: замыканием соответствующих цепей для включения силовых выключателей, замыканием и размыканием вспомогательных контактов выключателей для сигнализации о их состоянии и т. д. Кроме того, коммутацией часто называют процесс монтажа, состоящий в подключении проводов к приборам и аппаратам.

Электрические сети

Электрические сети напряжением до 1000В, с которыми непосредственно связано большинство приёмников электроэнергии являются наиболее разветвлёнными. Эти сети представляют собой трёхфазную систему с глухозаземлённой нейтралью и выведенным нулевым проводом, поэтому их часто называют четырёхпроводными. Номинальное напряжение таких сетей обычно обозначают дробью, например 660 / 380В или 380 / 220В, где числитель соответствует линейному напряжению (между двумя фазовыми проводами), а знаменатель – фазному напряжению (между одним из фазовых проводов и нулевым проводом). Для жилых, культурно-бытовых и многих промышленных зданий преимущественно применяется сеть 380 / 220В, фазное напряжение которой подводят к электрическим лампам и электробытовым приборам (холодильникам, пылесосам, радиоприёмникам, телевизорам и т. д.), а линейное напряжение 380В – к трёхфазным электродвигателям, подключая их к трём фазовым проводам электрическое сети.

При повреждении изоляции приёмника электроэнергии, корпус которого доступен для прикосновения, последний может оказаться под напряжением. Такое состояние длительно недопустимо, поскольку при неблагоприятных условиях прикосновение человека к корпусу, находящемуся под напряжением, может привести к поражению его электрическим током. Во избежание этого «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) требуют наличия металлической связи корпуса электрооборудования с заземлённым нулевым проводом. В целях электробезопасности не допускается разрывать заземлённый нулевой провод, поэтому выключатели к светильникам устанавливают в фазовый провод.

Электрическая сеть, состоящая из одной или нескольких одиночных линий, к каждой из которых подключено несколько потребителей электроэнергии непосредственно или через дополнительные линии, называется магистральной. Каждую одиночную линию называют магистралью, а дополнительную – ответвлением.

Изображение электроустановок на чертежах

Электроустановки изображают на чертежах в виде электрических схем, показывая условными графическими обозначениями все элементы (электрические машины, аппараты, приборы, кабели, провода и др.).

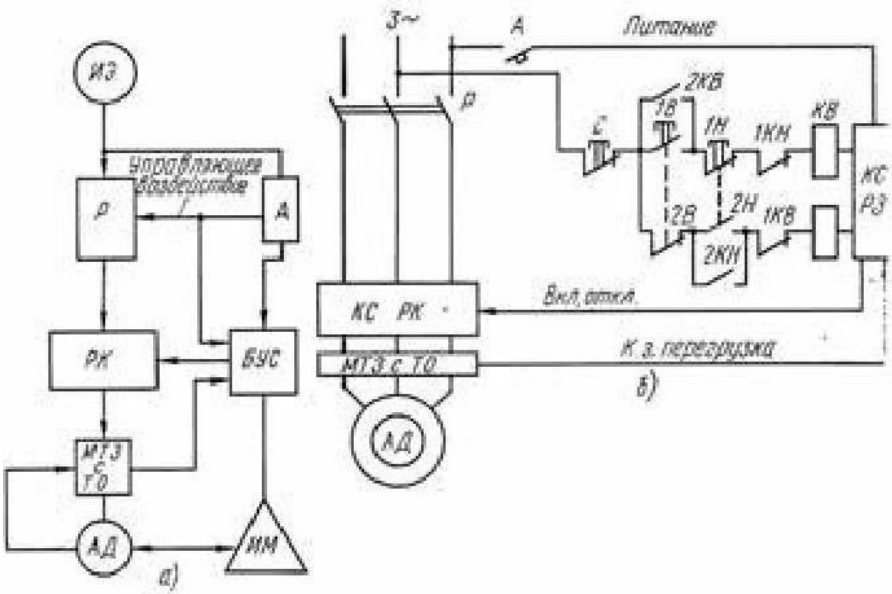


Рис. 1. Виды электрических схем:

а *– структурная,* ***б*** *– функциональная;* ***ИЭ*** *– источник электроэнергии, Р – рубильник, А – автомат, РК – реверсивный контактор, БУС – блок управления и сигнализации, МТЗ с ТО – максимальная токовая защита с токовой отсечкой, АД – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, ИМ – исполнительный механизм, КС РК – контактная система реверсивного контактора, С – кнопка «Стоп», 2КВ – контакт самоблокирования питания обмотки КВ, 1В – 2В – кнопка «Вперёд», 1Н – 2Н – кнопка «Назад», 1КН, 1КВ – контакты блокировки от неправильных действий схемы, КВ – обмотка контактора «Вперёд», КС РЗ – контактная система релейной защиты, 2КН – контакт самоблокирования питания обмотки контактора «Назад».*

Наиболее часто используют принципиальные схемы, схемы соединений (монтажные) и схемы подключения.

Принципиальные схемы, на которых показывают все

элементы и связи между ними, дают детальное представление о принципе действия электроустановки. На монтажных схемах показывают соединения в пределах отдельных частей электроустановки (панели щита, привода выключателя и др.), изображая провода, жгуты и кабели, а также места их присоединения и ввода. Кроме того, на монтажных схемах приводят взаимное расположение отдельных элементов. На схемах подключения показывают внешнее соединение отдельных частей электроустановки между собой, преимущественно изображая ряды зажимов, и подключаемые к ним кабели, жгуты, провода.

Электрическая схема представляет собой графическое изображение элементов электроустановок и их взаимосвязей.

Для изображения схем применяют условные графические обозначения, установленные рядом ГОСТов, входящих в Единую систему конструкторской документации (ЕСКД).

Распределительные устройства

Распределительным устройством (РУ) называют электроустановку, предназначенную для приёма электрической энергии от источника питания и распределения её между отдельными потребителями. Таким образом, РУ являются составными частями электрических сетей, в которых сходятся питающие и отходящие линии.

Обычно РУ содержат сборные шины, через которые распределяется поступающая электроэнергия, *коммутационные, защитные, измерительные и токоограничивающие аппараты.*

Коммуникационные аппараты необходимы для включения и отключения отдельных присоединений (линий, трансформаторов) как в нормальных условиях эксплуатации, так и при их нарушениях от соответствующих устройств релейной защиты и автоматики.

Защитные аппараты служат для защиты электрооборудования от перенапряжений, коротких замыканий (К.З.) и перегрузок.

Измерительные аппараты (трансформаторы тока и напряжения) питают измерительные приборы, реле защиты и автоматики.

Токоограничивающие аппараты применяются для ограничения токов К.З., облегчая тем самым работу электрооборудования, входящего в состав РУ.

В установках до 1000В распределительные устройства выполняют в виде щитков, шкафов, щитов с соответствующей аппаратурой, а также в виде токопроводов (магистральных, распределительных и осветительных).

Щитки изготовляют в виде плоской панели, на которой размещают защитные аппараты (предохранители или автоматы) или предохранители и выключатели для отходящих линий.

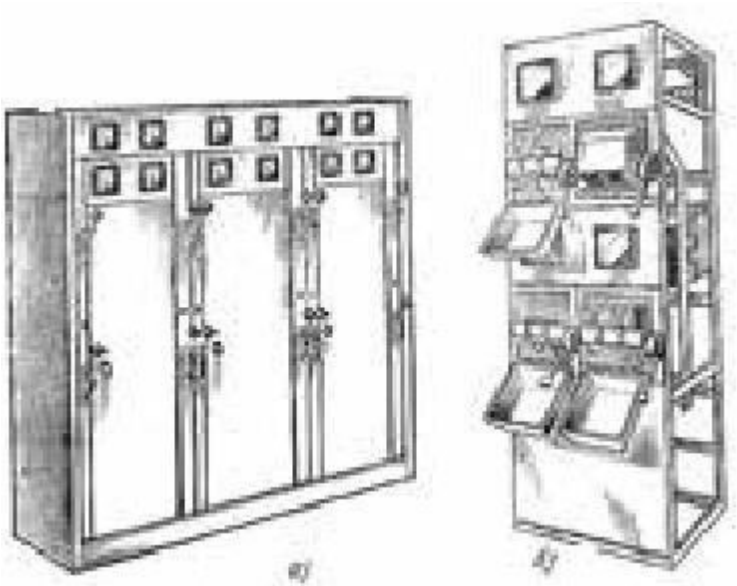


Рис. 2. Распределительные щиты:
а *– одностороннего обслуживания ЩО,* ***б*** *– блочный (его панель).*

Для распределения электроэнергии между силовыми приёмниками служат силовые пункты, обычно выполняемые в виде шкафов и щитов, составленных из отдельных панелей, где размещены коммутационные, защитные и измерительные аппараты. Распространены блочные щиты, каждая панель которых укомплектована стандартными блоками (блоки предохранителей, предохранитель – выключатель и выключатели).

В цехах промышленных предприятий для распределения электроэнергии между силовыми и осветительными приёмниками широко используют шинопроводы, составленные из прямых секций на прямых участках, угловых и ответвительных (тройниковых) секций.

Широкое распространение получили комплектные распределительные устройства (КРУ), которые изготовляют на заводах, что позволяет значительно ускорить процесс их монтажа и улучшить качество.

Аппараты распределительных устройств напряжением до 1 000В

В электроустановках до 1 000В применяют коммутационные аппараты для отключения, включения и переключения электрических цепей, защиты этих цепей от сверхтоков при перегрузках и коротких замыканиях применяют коммуникационные аппараты: рубильники и переключатели, предохранители и автоматы.

Простейшими коммуникационными аппаратами являются ***рубильники и переключатели.***

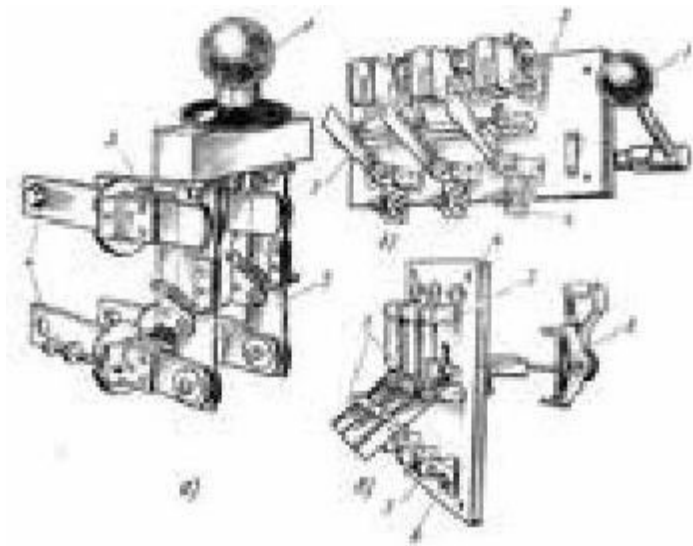


Рис. 3. Коммутационные аппараты:

а, б *– рубильники,* ***в*** *– переключатель; 1 – рукоятка, 2 – подвижные контакты (ножи), 3 – неподвижные контакты (губки), 4 – выводы, 5 – рычажный привод, 6 – дополнительные неподвижные контакты, 7 – дополнительные выводы.*

Рубильники выпускают одно-, двух– и трёхполюсными с центральной рукояткой (Рис.3а,) или с боковой рукояткой (Рис.3б), а так же **переключатели** с рычажным приводом (Рис.3в, п.5).

Широко применяют ***пакетные выключатели ПВ***, набираемые из отдельных пакетов (секций) по одному на каждый полюс. Выключатель обычно снабжают фиксирующей шайбой для чёткой фиксации в заданном положении, например включенном и отключенном. Пакетные выключатели выпускают на напряжение

до 380В и токи от 10 до 400А.

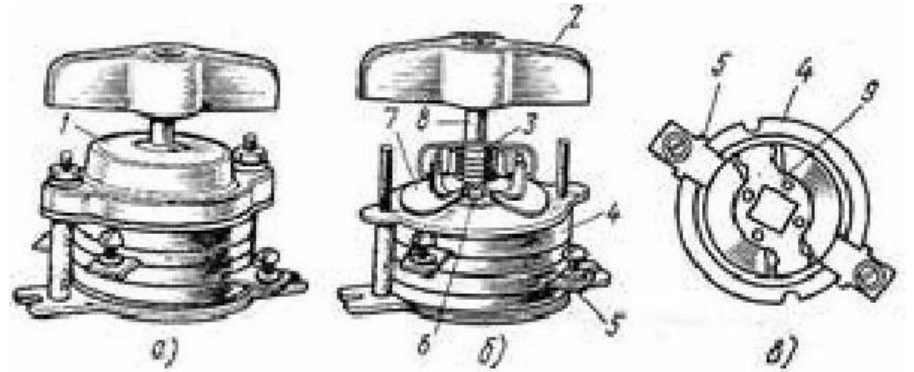


Рис. 4. Пакетный выключатель ПВ

***а** – в собранном виде, **б** – со снятой крышкой, **в** – секция; 1 – крышка, 2 – ручка, 3 – пружина, 4 – корпус секции, 5 – неподвижный контакт, 6 – контактный валик, 7 – фиксирующая шайба, 8 – ось, 9 – подвижный контакт.*

Простейшими аппаратами для защиты электроустановок от перегрузок и коротких замыканий служат ***плавкие предохранители***. В каждом предохранителе имеется плавкая вставка, которая является ослабленным участком в электрической цепи и выбирается таким образом, чтобы при увеличении тока до значения, больше допустимого, она расплавлялась и тем самым разрывала цепь защищаемой электроустановки.

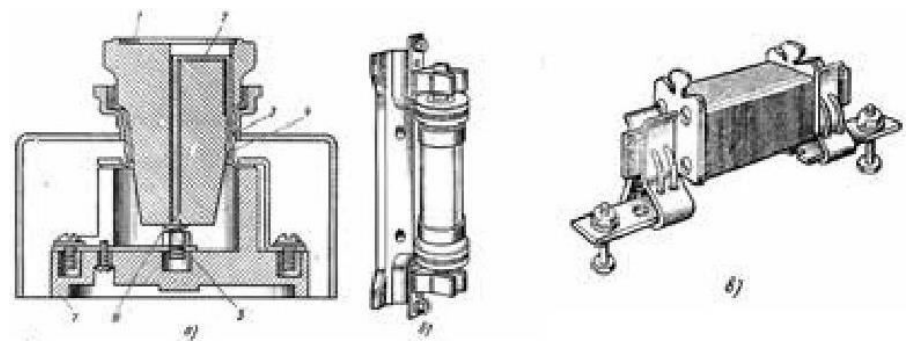


Рис. 5. Плавкие предохранители: ***а** – резьбовой, **б** – трубчатый ПР-2, **в** – трубчатый ПНС; 1 – пробка, 2 – плавкая вставка, 3 – резьбовая деталь основания под пробку, 4 – резьбовая деталь пробки, 5 – контактный винт,*

6 – контакт, 7 – изолирующее основание.

Конструкции плавких предохранителей разнообразны. Пробочные предохранители изготовляют с плавкими вставками

от 6 до 20А.

В силовых сетях применяют трубчатые предохранители. Все предохранители, заполнены кварцевым песком (кроме РП-2) и устанавливаются в вертикальном или горизонтальном положении.

Воздушные автоматические выключатели ***(автоматы)***, созданные для замены рубильников и плавких предохранителей, предназначены для коммуникации цепей электроустановок при токах нормальных режимов нагрузки и защиты от токов короткого замыкания, перегрузки и снижения напряжения. Отдельные автоматы выполняют не все перечисленные функции, а лишь часть их. Включение и отключение автоматов могут осуществляться как вручную, так и дистанционно с помощью электроприводов.

Для защиты однофазных электрических сетей жилых и общественных зданий применят автоматы АБ25, А3161, А63 и др.

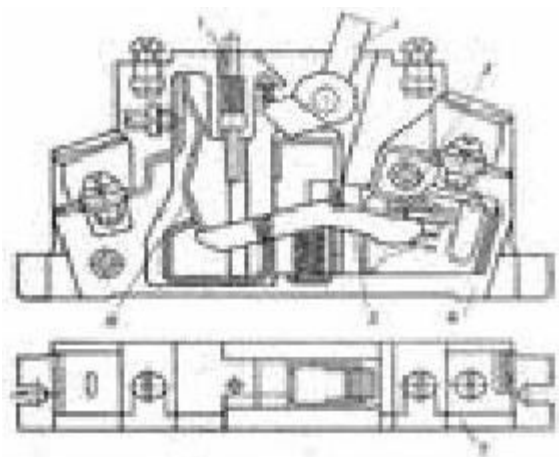


Рис. 6. Установочный автомат АБ25:

1 – указатель срабатывания, 2 – рукоятка, 3 – неподвижный контакт, 4 – корпус, 5 – подвижный контакт рычага, 6 – термобиметаллический элемент расцепителя, 7 – боковая крышка.

Автоматические выключатели АП50 широко применяются в установках напряжением до 380 В переменного тока и 220 В постоянного тока для автоматического отключения при коротких замыканиях или токах перегрузки, для нечастой коммуникации в тех же установках и для пуска и защиты трёхфазных асинхронных электродвигателей.

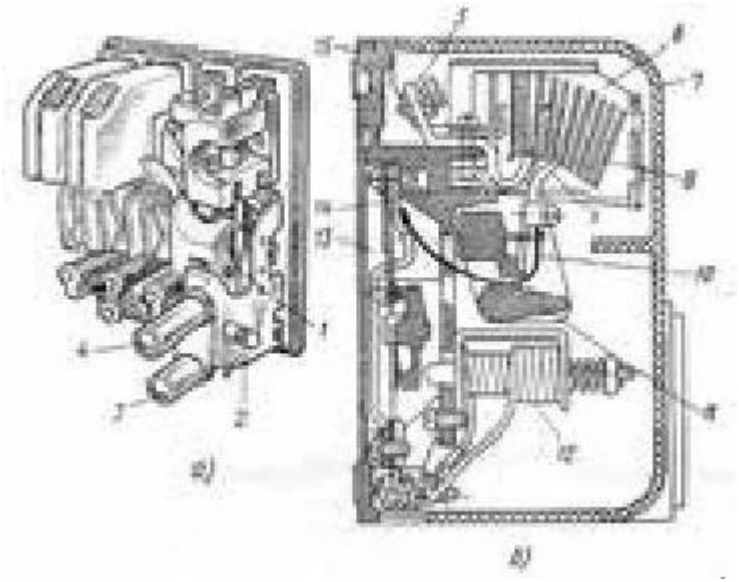


Рис. 7. Автоматический выключатель АП50:

а – общий вид (со снятой крышкой), ***б*** – продольный разрез; *1 – механизм свободного расцепления, 2 – рычаг, 3 – кнопка отключения, 4 – кнопка включения, 5 – выводы, 6 – дугогасительная камера, 7 – крышка, 8 – стальные пластины дугогасительной камеры, 9 – подвижный контакт, 10 – гибкое соединение, 11 – траверса, 12 – электромагнитный расцепитель, 13 – тепловой расцепитель, 14 – неподвижный контакт, 15 – пластмассовый корпус.*

Конструктивно автоматы могут сильно отличаться друг от друга, но принципы их работы сохраняются неизменными. В состав автоматов входят: контактная система, дугогасительные устройства, расцепители, привод и механизм свободного расцепления. Этот механизм является важной частью каждого автомата. Он обеспечивает моментальное размыкание главных контактов и невозможность их удержания во включённом состоянии при сохранении ненормального режима установки.

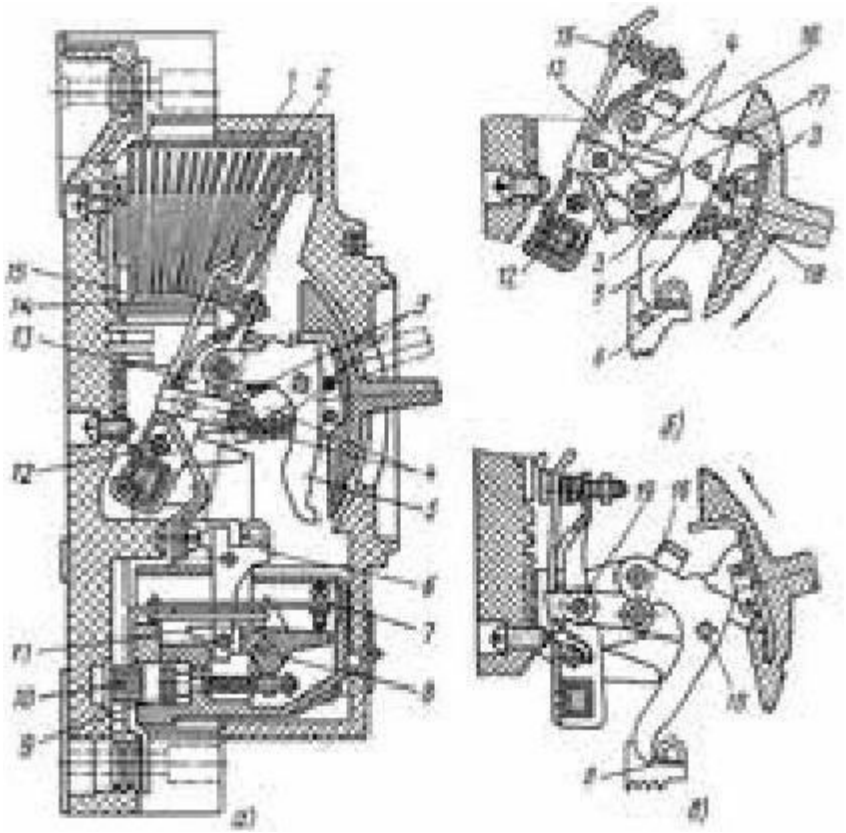


Рис. 8. Автомат А3100:

а *– устройство (автомат отключён автоматически),* ***б*** *– при взводе,* ***в*** *– при включении; 1 – дугогасительная камера, 2 – обойма, 3 – перекидная пружина, 4 – ломающиеся рычаги, 5 – фигурный удерживающий рычаг, 6 – собачка, 7 – тепловой расцепитель, 8 – рейка, 9 – якорь электромагнитного расцепителя, 10 – сердечник электромагнитного расцепителя, 11 – зуб, 12 – неподвижная ось, 13 – контактодержатель, 14, 15 – контакты, 16 – впадина рычага, 17, 18, 19 – подвижные оси.*

Аппараты дистанционного управления и контроля

Управление коммуникационными аппаратами обычно осуществляется из пункта, в частности щита управления, находящегося на некотором расстоянии (дистанции) от всех аппаратов, поэтому и называется дистанционным.

Для дистанционного управления коммутационные аппараты снабжены проводами, электрически связанными с пунктом управления, где размещены командные аппараты (кнопки, ключи управления, переключатели), с помощью которых подаются команды в виде электрических сигналов на включение или отключение соответствующих коммутационных аппаратов.

Аппаратами дистанционного управления и контроля являются сигнально-блокировочные контакты, сигнальные и командные аппараты, а также приводы коммутационных аппаратов.

Для дистанционного управления коммутационными аппаратами служат ***кнопки управления*** и ***различные переключатели*** (некоторые из них называют ключами), основными частями которых являются контактный элемент, предназначенных для замыкания и размыкания управляемых электрических цепей и имеющие подвижные и неподвижные контакты, а так же механизм передвижения подвижных контактов.

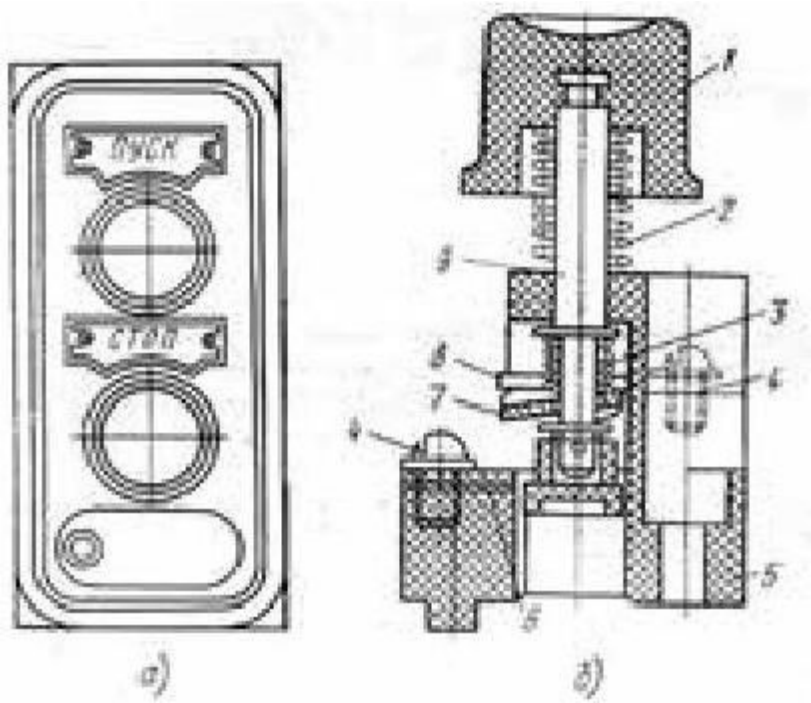


Рис. 9. Двухэлементная кнопка:

а *– вид спереди,* ***б*** *– устройство (продольный разрез); 1 – кнопочный элемент («Пуск» – чёрного цвета, «Стоп» – красного цвета), 2, 3 – пружина, 4 – винтовые зажимы; 5 – основание, 6 – неподвижный замыкающий контакт, 7 – мостиковый контакт, 8 – неподвижный контакт.*

Переключатели можно разделить на две группы: с поворотными подвижными контактами и с кулачковыми контактами. Каждый переключатель имеет набор контактных пакетов и корпус, скреплённых между собой двумя стальными шпильками.

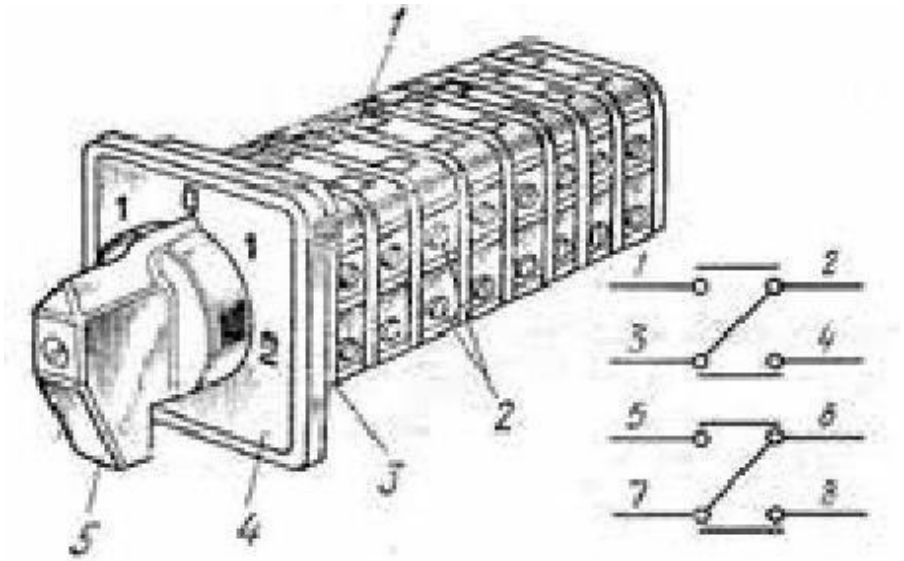


Рис. 10. Пакетный кулачковый универсальный переключатель КПУ:

1 – пакет, 2 – зажимы, 3 – передняя скоба, 4 – фронтальный фланец, 5 – рукоятка.

Справа показана схема двух пакетов КПУ.

Пакетные кулачковые универсальные переключатели используются в схемах управления коммутационными аппаратами при ручном управлении асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором в качеств вольтметровых и амперметровых переключателей. Они рассчитаны на номинальное напряжение 220В постоянного тока и 380В переменного тока.

Схемы дистанционного управления с коммутационными аппаратами

В электроустановках напряжением до 1 000В дистанционное управление осуществляется преимущественно с помощью магнитных контакторов и пускателей. Контактором называют электромагнитный аппарат, предназначенный для дистанционного включения и отключения электрических цепей, рассчитанных, как правило, на сравнительно большое номинальное значение силы тока (например, мощных электродвигателей, электрооборудования кранов и т. д.). Различают контакторы переменного и постоянного тока. Контактор присоединяют к управляемой цепи через кнопочный выключатель.

Основными частями любого магнитного контактора являются силовые контакты и электромагнитный привод, состоящий из электромагнита и якоря, механически связанного с подвижными элементами силовых контактов. Кроме того, силовые контакты при больших токах закрывают дугогасительными камерами, и большинство контакторов снабжают вспомогательными контактами.

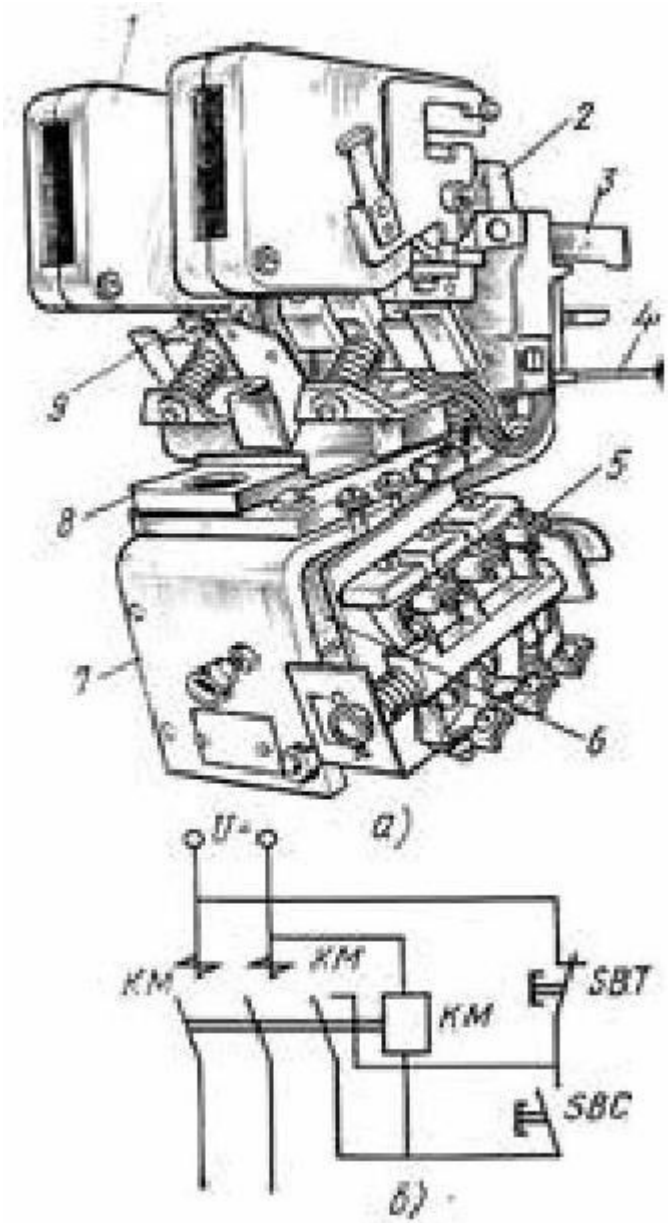


Рис. 11. Магнитный контактор постоянного тока КПВ – 600:

а *– общий вид:*

1 – дугогасительная камера, 2 – изоляционное основание, 3, 4 – выводы, 5 – вспомогательные контакты, 6 – электромагнитный привод, 7 – основание, 8 – якорь, 9 – неподвижные контакты.

б *– схема управления:*

U = – подача напряжения постоянного тока, SBC – кнопка включения, КМ (вверху) – контактор, КМ (слева) –

вспомогательный контакт, КМ (справа) – катушка контактора, SBT – кнопка отключения.

Для дистанционного управления трёхфазными электродвигателями с короткозамкнутым ротором предназначены магнитные пускатели. Магнитный пускатель является электрическим аппаратом переменного тока, который предназначен для дистанционного пуска, остановки и защиты электроустановок.

Выпускаются нереверсивные магнитные пускатели (для пуска и останова электродвигателя) и реверсивные, позволяющие изменять направление вращения электродвигателя.

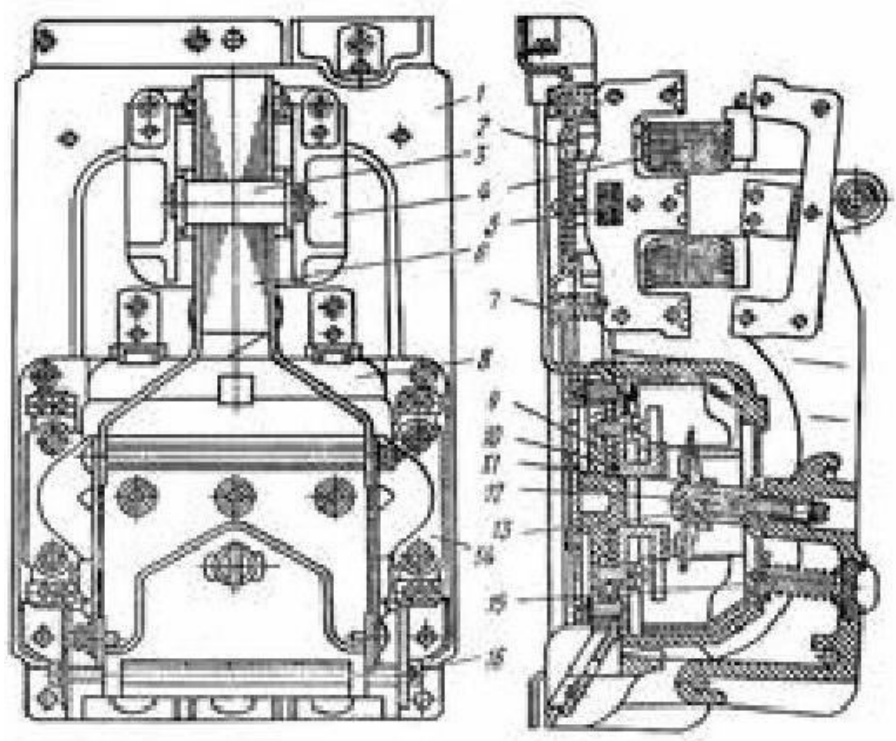


Рис. 12. Магнитный пускатель серии ПА:

1 – основание пускателя, 2 – сердечник, 3 – упор, 4 – катушка, 5 – чека сердечника, 6 – якорь, 7 – пружина амортизации сердечника, 8 – камера, 9 – основание камеры, 10 – неподвижный контакт. 11 – подвижный контакт, 12 – контактная пружина, 13 – опорная колодка подвижного контакта, 14 – блок-контакты, 15 – возвратная пружина.

Обычно магнитный пускатель состоит из конструктивно объединённых контактора и электротеплового реле, являющимся

средством защиты управляемых электродвигателей от перегрузки. Однако промышленность выпускает магнитные пускатели и без теплового реле. Основным элементом каждого магнитного пускателя является магнитный контактор переменного тока; реверсивные пускатели имеют два магнитных контактора. Катушки магнитных пускателей выпускаются напряжением 220 и 380В.

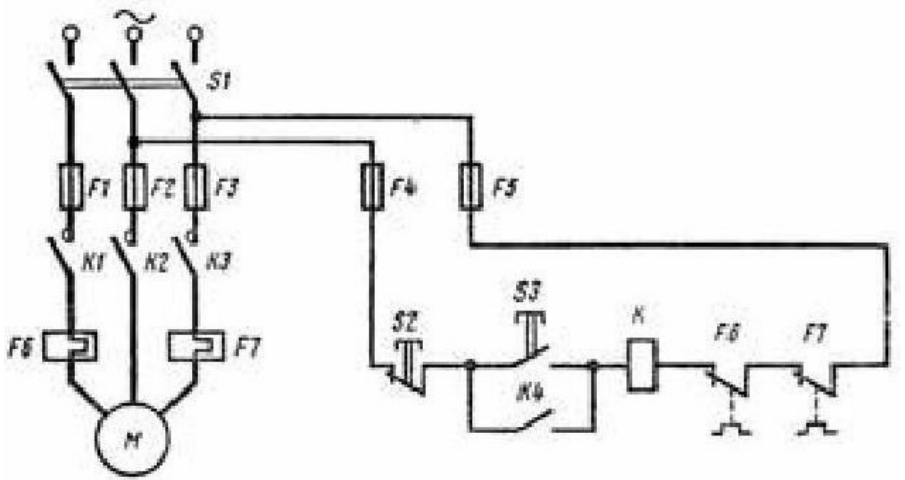


Рис. 13. Принципиальная схема управления двигателем с помощью нереверсивного магнитного пускателя:

S1 – рубильник, F1, F2, F3 – предохранители, К1, К2, К3 – главные контакты, F4, F5 – предохранители в цепи управления, F6, F7 – нагревательные элементы и контакты электротеплового реле, S2 – кнопка «Стоп», S3 – кнопка «Пуск», К – катушка, К4 – блок-контакты.

Выбирать магнитный пускатель необходимо по следующим данным: номинальная сила тока, номинальное напряжение и условия эксплуатации – требуется или не требуется защищённое исполнение, есть ли необходимость в реверсировании и наличии электротеплового реле.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОНТАЖЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Рабочее место

В широком смысле слова рабочее место – это часть пространства, приспособленная для выполнения работником или группой их своего производственного задания. Рабочее место оснащено основным и вспомогательным оборудованием (станки, механизмы, энергетические установки и т. п.), технологической (инструмент, приспособление, контрольно-измерительные приборы) и организационной (столы, верстаки и т. п.) оснасткой.

На производственных предприятиях ко всем рабочим местам предъявляют требования, выполнение которых обеспечивает научную организацию труда (НОТ), повышение производительности труда и способствует сохранению здоровья и развитию личности здоровья.

Рабочие места, на которых трудятся рабочие электротехнических профессий, бывают различными в зависимости от того, какие действия и операции они выполняют – монтажные, ремонтные, сборочные, регулировочные и т. п.

Рабочее место электромонтёра может быть и на открытом воздухе, например при сооружении или ремонте воздушных и кабельных электрических сетей, подстанций и т. п.

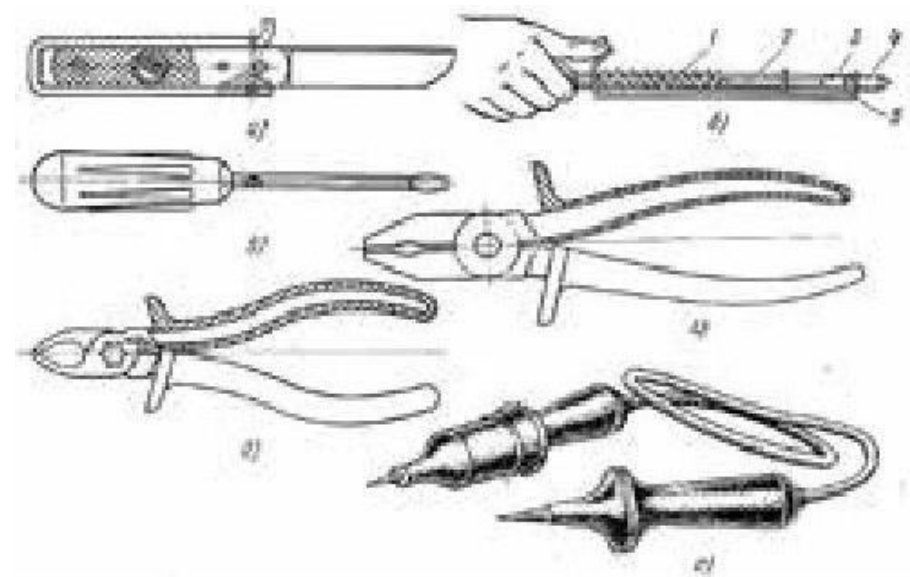


Рис. 14. Набор инструментов электромонтажника:

***а** – монтёрский нож (НМ-2); **б** – отвёртка с держателем (1 – пружина, 2 – стержень, 3 – рабочая часть, 4 – винт, 5 – скоба); **в** – отвёртка с диэлектрической ручкой; **г** – универсальные*

монтажные плоскогубцы; ***д*** *– кусачки-бокорезы;* ***е*** *– указатель напряжения.*

Во всех случаях на рабочем месте должен быть образцовый порядок: инструменты и приспособления (разрешается пользоваться только исправным инструментом!) необходимо размещать на соответствующих местах, туда же нужно класть инструмент после окончания работы с ним; на рабочем месте не должно быть ничего лишнего, не требующегося для выполнения данной работы; оснащение и содержание рабочего места должно строго отвечать всем требованиям охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии, гигиены и исключать возможность возникновения пожара.

Рабочее место может включать в себя монтажный стол или верстак (при выполнении электромонтажных и изолировочных работ), намоточный станок (при выполнении намоточных работ), специальный верстак или стол (при выполнении слесарно-сборочных работ). В зависимости от вида выполняемых электротехнических работ (монтаж, сборка, эксплуатация и др.) рабочее место должно быть оснащено соответствующими инструментами и приспособлениями.

При выполнении электромонтажных работ применяют общеслесарный инструмент, а так же многие виды металлорежущего инструмента (тиски, слесарная ножовка, молоток, зубило, пробойник), так как данные работы часто связаны с рубкой и резанием металла, изгибанием труб, резанием различных материалов, нарезанием резьбы и т. п.

Организационные принципы ведения монтажных работ

Основным организационным принципом ведения строительно-монтажных работ является ***подрядный метод***. Строящееся или расширяющееся предприятие (заказчик) заключает договор со специализированной организацией (генеральным подрядчиком), принимающей на себя обязательства выполнения всех строительно-монтажных работ в установленном объёме и в заданные сроки.

В основу современных методов производства строительно-монтажных работ положены их индустриализация и специализация. Под индустриализацией понимают передачу большей части работ, не поддающейся или трудно поддающейся механизации и автоматизации непосредственно на монтируемом объекте (в зоне монтажа), заводам строительной индустрии и электромонтажных изделий.

Под специализацией строительно-монтажных работ понимают передачу отдельных видов работ, требующих специального технологического оборудования и оснастки, а так же особого подбора монтажного персонала. Такими видами работ являются монтаж мощных силовых трансформаторов, линий электропередачи, приборов теплового контроля и автоматики, пусконаладочные работы и др.

Электромонтажные участки специализированных трестов должны обеспечивать выполнение электромонтажных работ непосредственно на монтируемых объектах. Особое внимание необходимо обращать на материально-техническое обеспечение производства электромонтажных работ электромонтажными изделиями, механизмами, инструментом, приспособлениями и инвентарём, необходимым для оборудования рабочих мест.

Применение аккумуляторов

Выпускаемые в настоящее время отечественной промышленностью кислотные и щелочные аккумуляторы и батареи широко применяются в современных электроустановках.

Промышленность производит значительное количество типов аккумуляторных батарей, различных по ёмкости, напряжению, режиму заряда (разряда), областям применения.

Аккумуляторные батареи используют в качестве источников оперативного тока для питания устройств управления, регулирования режима работы, сигнализации, релейной защиты и автоматики на крупных электрических станциях и подстанциях. Они также могут служить для питания других установок, например аварийного освещения, резервных маслонасосов и т. д.

Важнейшей характеристикой аккумулятора является ёмкость – способность накапливать и отдавать определённое количество электричества в определённый промежуток времени.

На электрических станциях небольшой мощности (до 50МВт) рекомендуется устанавливать одну аккумуляторную батарею. На электростанциях с большим числом агрегатов устанавливают несколько аккумуляторных батарей, где каждая из них питает оперативные цепи одного-двух агрегатов. Аккумуляторные батареи на электрических станциях и подстанциях обычно работают в режиме постоянного подрязряда, при этом зарядное устройство питает электроприёмники сети оперативного тока и одновременно подзаряжает аккумуляторные батареи.

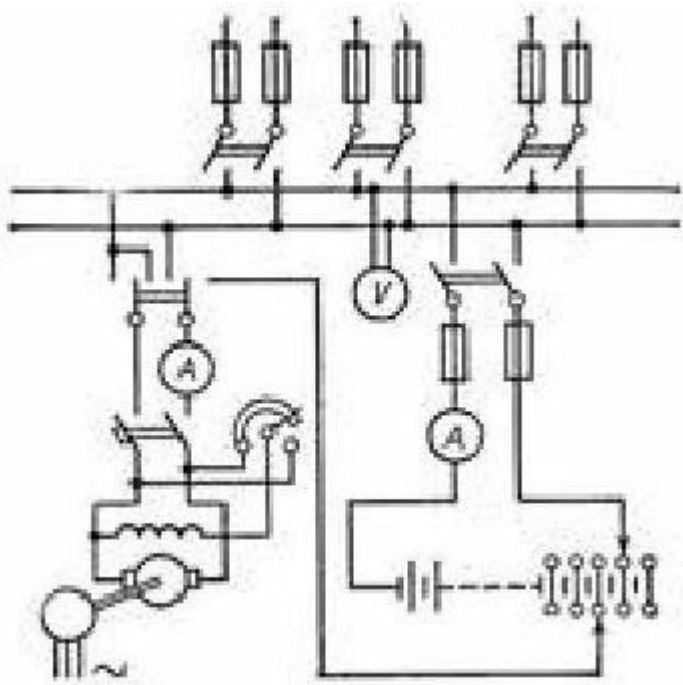


Рис. 15. Схема подключения аккумуляторной батареи с элементным коммутатором.

На электрических станциях и подстанциях обычно используются свинцовые аккумуляторы (СК), реже никель-железные (ТНЖ).

Используют несколько схем подключения аккумуляторных батарей. Чаще всего используют схему подключения с элементным коммутатором, который состоит из изолирующей плиты с расположенными на ней контактными пластинами и двумя шинами – разрядной и зарядной. Это даёт возможность аккумуляторной батарее работать в режиме постоянного подзаряда. Все специализированные и универсальные средства заряда, созданные для приведения аккумуляторных батарей в зарядное состояние подразделяются на зарядные, подзарядные, буферно-зарядные, буферные, зарядно-разрядные.

Они отличаются назначением, конструктивным исполнением, схемными решениями, техническими данными. Эксплуатационные параметры аккумуляторных батарей, в том числе и срок службы в значительной мере определяются качеством технического обслуживания в процессе эксплуатации и хранения.

В соответствии с определением аккумулятора как гальванического элемента, предназначенного для многократного использования, необходимо постоянно производить контроль его

разряда. Все аккумуляторы состоят из разноимённых электродов и электролита, помещённых в один многоячеечный эбонитовый или пластмассовый сосуд – моноблок, разделённый перегородками на отдельные камеры по числу аккумуляторов в батарее. Практикуется выпуск аккумуляторов в стеклянных и деревянных сосудах.

В зависимости от применяемого электролита, аккумуляторы подразделяются на кислотные и щелочные.

Кислотные электролиты готовят из аккумуляторной серной кислоты плотностью 1 830–1 840 кг / м^3 и дистиллированной воды. Щелочные электролиты приготовляют из едкого кали или едкого натра и дистиллированной воды.

Для ошинковки аккумуляторных батарей применяются голые медные и стальные шины.

Аккумуляторные батареи должны устанавливаться на стеллажи в специально предназначенных для них помещениях, выполненных из несгораемых материалов.

Электромонтажные изделия

При использовании электромонтажных изделий, выпускаемых электротехнической промышленностью ускоряется процесс монтажа и улучшается его качество.

Электромонтажными являются изделия, применяемые при электромонтажных работах и предназначенные для изготовления различных конструкций; крепёжные элементы для крепления проводов, кабелей и отдельных аппаратов и приборов; контактные элементы для соединения проводов, жил кабелей и их подключения к электрооборудованию; детали оформления концов проводов, кабелей, панелей щитов и некоторые другие.

Сборная кабельная конструкция состоит из стоек и полок. Стойки можно крепить к строительным основаниям болтами, дюбелями, приваркой к закладным деталям или пристреливанием с помощью скоб. Полки вставляют в отверстия стоек, при этом обеспечивается надёжный электрический контакт между полкой и стойкой (при их заземлениях). При прокладке кабелей по стенам один над другим применяют конструкцию из перфорированного профиля с закладными подвесками, а при прокладке кабелей под перекрытиями – соответствующие одностоечные и двухстоечные конструкции.

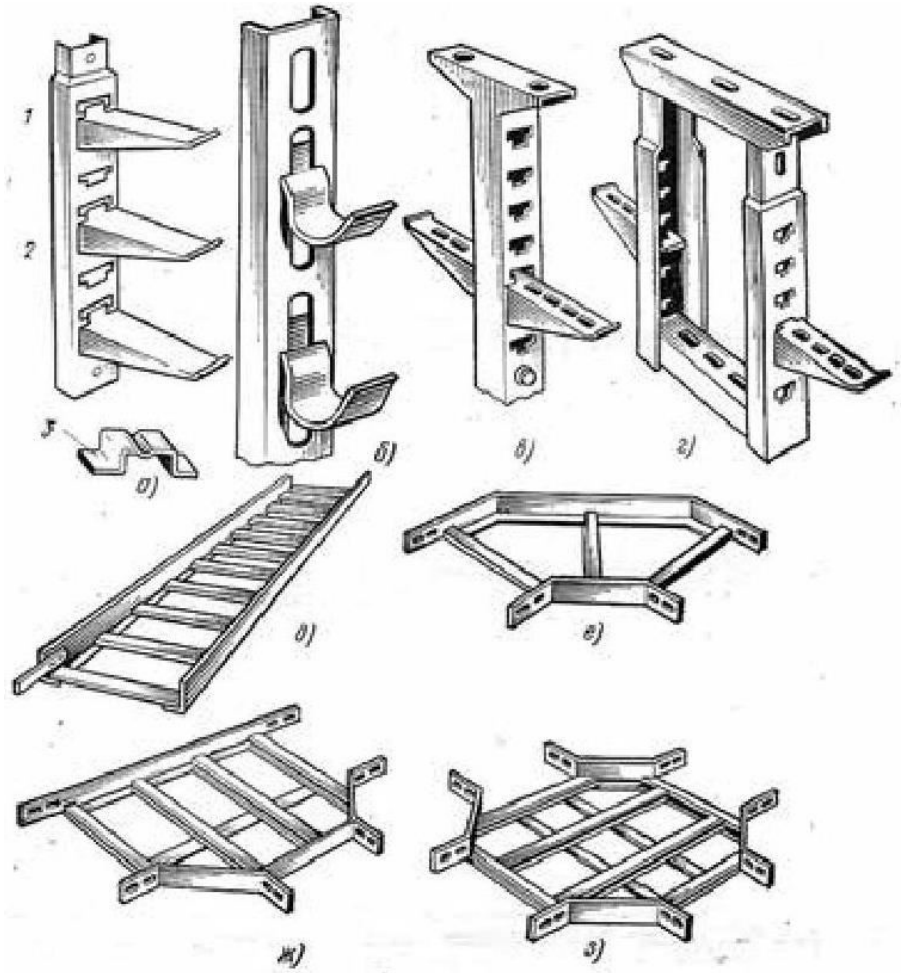


Рис. 16. Кабельные конструкции:

а – сборная, ***б*** – профиль с закладными подвесками, ***в*** – одностоечная для прокладки кабелей под перекрытиями, ***г*** – двухстоечная для прокладки кабелей под перекрытиями, ***д*** – прямая секция лотков, ***е*** – угловая секциялотков, ***ж*** – тройниковая секция лотков, ***з*** – крестовая секция лотков; *1 – стойка, 2 – полка, 3 – крепёжная скоба.*

Для крепления проводов, кабелей и труб к перфорированным основаниям служат перфорированные стальные полосы и пряжки, а для крепления проводов и кабелей – однолапковые и двухлапковые скобы.

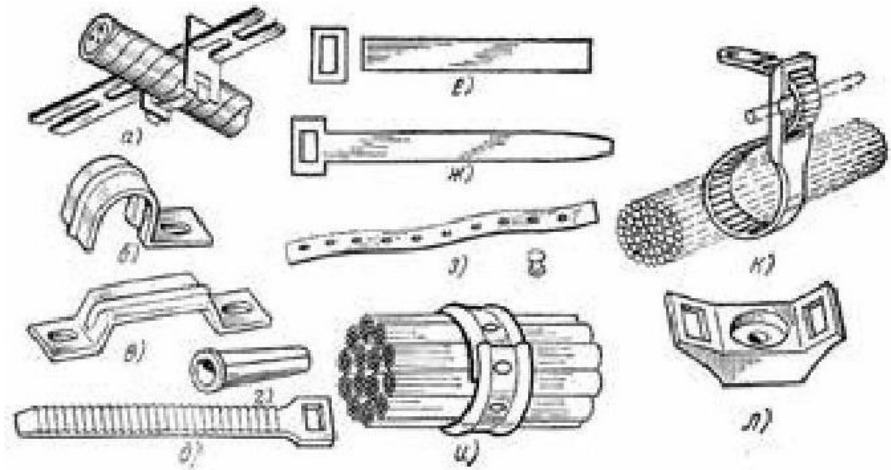


Рис. 17. Крепёжные элементы:

а – пряжка для крепления труб и кабелей, ***б*** – однолапковая скоба, ***в*** – двухлапковая скоба, ***г*** – капроновый дюбель, ***д*** – полиэтиленовая зубчатая полоска-пряжка, ***е*** – стальная полоска-пряжка, ***ж*** – алюминиевая полоска-пряжка, ***з*** – перфорированная поливинилхлоридная (нормальная) лента с кнопками, ***и*** – то же (усиленная), ***к*** – полиэтиленовая полоска-пряжка, ***л*** – закреп.

Для закрепления различных изделий к строительным элементам из кирпича, бетона и т. п. применяют ***гвоздевые*** и ***закладные дюбели.***

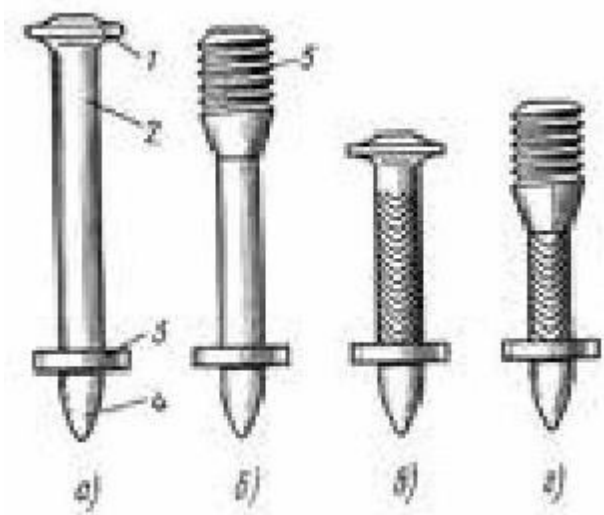


Рис. 18. Стальные гвоздевые дюбели:

а – ДГП, б – ДВР, ***в*** – ДГПМ, ***г*** – ДВПМ; *1 – дисковая головка, 2 – стержень, 3 – стальная шайба, 4 – жало, 5 – резьбовая головка.*

Гвоздевые дюбели могут быть забиты в прочные строительные основания, включая стальные. В зависимости от объёма и условий производства работ для забивки стальных гвоздевых дюбелей применяют ручные и пиротехнические оправки или поршневой строительно-монтажный пистолет ударного действия ПЦ-52. стальные гвоздевые дюбели различают по типу соединений и назначению. Для неразъёмного соединения применяют дюбель-гвозди ДГП (для кирпичных и бетонных оснований) и ДГПМ (для металлических оснований). Для разъёмных креплений служат дюбель-винты ДВП и ДВПМ.

Закладные дюбели для крепления электрооборудования к строительным основаниям применяют двух типов: с распорной гайкой (ДГ) и капроновые (ДК). Дюбели ДГ крепятся болтами в заранее приготовленном отверстии, а дюбели ДК крепятся шурупами и глухарями. При завёртывании крепёжного болта или шурупа в тело дюбеля создаётся распор, который удерживает его в отверстии.

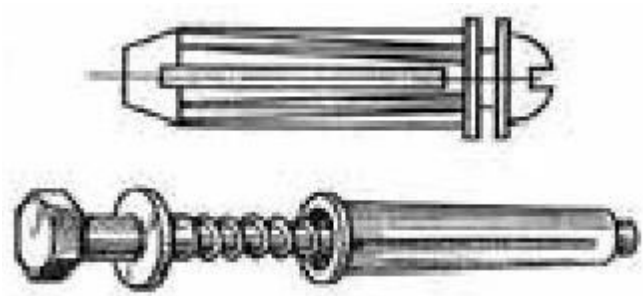


Рис. 19. Капроновый крепёжный дюбель ДК.

Для повышения прочности креплений целесообразно отверстия изготовлять так, чтобы дюбели входили в них плотно (лучше с молотка).

Электротехнические материалы

Для изготовления электрических машин и аппаратов применяют большое количество электротехнических материалов. К ним относятся медь, серебро, алюминий, сталь, вольфрам, молибден и др. Кроме того, имеются магнитные материалы, из которых изготавливают магнитопроводы машин и аппаратов. В электрических машинах применяют электроугольные щётки, служащие для отвода и подвода тока на коллектор или контактные кольца. Различают щётки угольнографитные, графитные, электрографитные и меднографитные.

Работающим по электротехническим профессиям нужно знать о назначениях, свойствах различных современных электротехнических материалов, о зависимости этих свойств от действия электрических и магнитных полей.

Электрические материалы классифицируют, прежде всего, по способности проводить электрический ток. По этому признаку различают ***проводниковые, электроизоляционные*** и ***полупроводниковые материалы.***

Способность материала проводить электрический ток характеризуется удельным электрическим сопротивлением.

Проводниковые материалы (проводники) имеют небольшое удельное сопротивление и поэтому являются хорошими проводниками электрического тока. Их применяют в качестве токоведущих частей электроустановок. **Медь** – один из самых распространённых проводников, обладает малым удельным сопротивлением, большой стойкостью против коррозии, легко спаивается, тянется, прокатывается, отливается, что позволяет делать из неё различные изделия (ленты, проволоку, профильные сложные литые детали). Из меди делают обмоточные провода для якорей, роторов и статоров электродвигателей, катушек, трансформаторов, провода, контакты и т. д. **Серебро**, имеющее меньшее удельное сопротивление, чем медь, из-за высокой стоимости очень редко применяют в электротехнике как проводник, оно служит для покрытия контактов пускорегулирующей аппаратуры. **Алюминий** имеет меньшую электропроводимость, чем медь, тем не менее, имеет широкое применение в электротехнической промышленности из-за своей малой стоимости.

Электроизоляционные материалы (диэлектрики) обладают большим удельным сопротивлением, диэлектрической проницаемостью и электрической прочностью, поэтому практически не проводят электрический ток. Кроме того, большое

значение при этом имеют и такие свойства, как нагревостойкость, механическая прочность, гибкость, морозостойкость и гигроскопичность. Изоляционные материалы предназначены в основном для изоляции токопроводящих частей электрооборудования, аппаратов и проводов, повышения электрической прочности обмоток и индуктивных катушек и как изоляционные опоры. Изоляционные материалы по своему агрегатному состоянию подразделяются на газообразные (воздух), жидкие (трансформаторное масло, лаки), твёрдые (слюда, стекло, фарфор, резина). По конструкции изоляционные материалы можно разделить на волокнистые (пропитанные и непропитанные) – бумага, картон, фибра, изделия из текстиля, асбеста и стекловолокна; слоистые (гетинакс, текстолит); материалы на основе слюды (миканит, микалента); плёночные и керамические. Большое распространение получили: электрокартон, изоляционные бумаги (пропитанная трансформаторным маслом и крепированная), фибра, хлопчатобумажные ленты (киперная, батистовая, миткалевая, прорезиненная липкая тафтяная), полихлорвиниловые ленты (сухие и липкие), лакоткани и стеклолакоткани.

Удельное электрическое сопротивление ***полупроводниковых материалов*** (полупроводников) по сравнению с проводниками и диэлектриками изменяется в очень большом интервале, поэтому проводники обладают рядом особых электрических свойств. Полупроводниковые приборы широко используют в выпрямителях переменного тока, усилителях электрических сигналов, радиоэлектронных устройствах и многих других областях.

Определённую группу составляют ***магнитные материалы***, которые обладают свойством изменять магнитное поле, в которое их помещают. Они находят применение для изготовления магнитопроводов, являющихся важной частью в устройстве трансформаторов, электрических машин, электроизмерительных приборов; их используют для изготовления постоянных магнитов, а так же других деталей применяемых в автоматике, телефонной связи, радиоэлектронике.

Конструктивные элементы электроустановок изготавливают из ***конструкционных электротехнических материалов***, к которым относятся многие проводниковые и электроизоляционные материалы. Из стали изготавливают корпуса электрических машин, щиты, конструкции, на которые крепят токоведущие части; из пластмассы – корпуса электроизмерительных приборов, щитки, рукоятки рубильников; из керамики – основания реостатов и электронагревательных приборов.

Для изготовления и монтажа электроустановок применяют клеи, эмали, лаки, припои и подобные им материалы. Их называют вспомогательными электрическими материалами.

Для монтажа открытых и скрытых электропроводок применяют ***установочные провода***. Их выпускают различных марок. Жилы проводов изготовляют из алюминия или меди. Установочные провода бывают с различными видами изоляции (резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая, хлопчатобумажная, из лавсанового шёлка и покрытые лаком). Провода выпускают однопроволочными и многопроволочными (гибкий провод).

Выбирая установочные провода, учитывают условия их прокладки (открыто, скрыто, в трубах), эксплуатации (напряжение, влажность, температура), силу тока, длительно проходящего по проводам и экономические факторы (без необходимости не применяют дорогостоящие провода).

Расчётами и испытаниями установлены ***допустимые длительные токовые нагрузки*** (сила тока) на провода. Зная или рассчитав, какой силы ток длительно должен проходить по проводу, выбирают токопроводящую жилу требуемой площади сечения. В зависимости от условий монтажа электропроводки и её эксплуатации, зная площадь сечения требующегося провода, по таблицам выбирают установочный провод нужной марки.

Монтажные провода применяют для монтажа электрических аппаратов, приборов, причём крепление этих проводов делают неподвижными. При выполнении указанной работы провода приходится изгибать, поэтому монтажные провода в отличие от установочных обладают повышенной гибкостью. Это свойство обусловлено тем, что жилы монтажных проводов изготавливают из мягкой медной проволоки (многопроволочные жилы – из тонких медных проволок, свитых друг с другом). Жилы монтажных проводов лужёные (покрыты оловом), благодаря этому они легко соединяются пайкой.

Токопроводящие жилы монтажных проводов изолируют капроновыми, лавсановыми или стеклянными нитями, поливинилхлоридом, полиэтиленом. В проводах некоторых марок пластмассовая изоляция защищена оболочкой из капрона или жилы сначала обмотаны нитями из триацетатного шёлка, а затем на обмотку нанесена изоляция из поливинилхлорида или полиэтилена. Изоляцию из таких материалов чаще делают сплошной – из пластиката, но применяют также плёнки из этих материалов (плёночная изоляция). Монтажные провода в зависимости от назначения бывают лакированными и экранированными.

Площадь сечения жил монтажных проводов небольшая – от 0,05 до 6 мм^2, так как они не предназначены для больших токовых нагрузок. Количество изолированных друг от друга жил не более трёх. Если для подключения приборов и аппаратов требуется большее количество жил, то применяют ***монтажные кабели.***

Кабель состоит из одного или нескольких изолированных друг от друга проводников (жил), заключённых в герметическую защитную оболочку из резины, пластмассы, алюминия или свинца. Защитная оболочка кабеля может иметь броню – обмотку из стальной ленты, плоской или круглой проволоки; такой кабель называют **бронированным**. Защитную оболочку или броню иногда покрывают джутовой пропитанной пряжей.

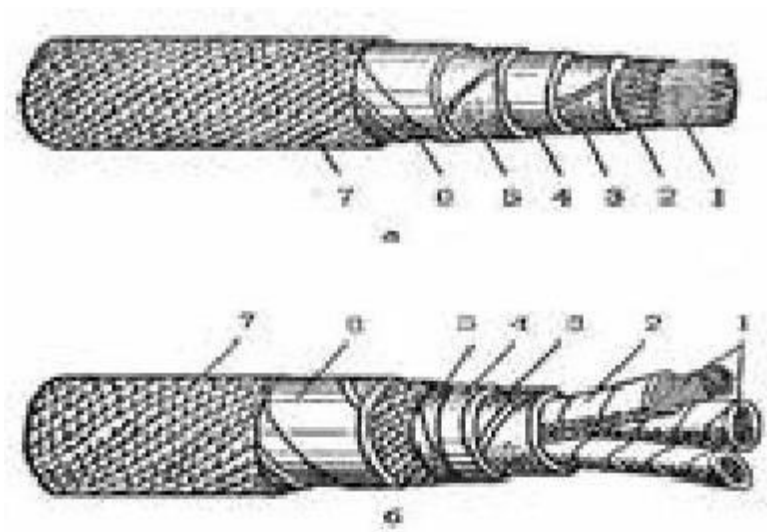


Рис. 20. Устройство кабелей:

а – контрольный марки КСБ, ***б*** – силовой марки СБ; *1 – токопроводящие жилы, 2 – бумажная изоляция жил, 3 – поясная изоляция из пропитанной маслом бумаги, 4 – свинцовая защитная оболочка, 5 – бумажная лента, покрытая битумом, 6 – броня из стальной ленты, 7 – наружное защитное покрытие из джутовой пропитанной пряжи и битума.*

Кабели, предназначенные для прокладки непосредственно в земле (траншеях), в специальных сооружениях (каналах, туннелях), а так же внутри помещений при напряжении до 1 000В, называют ***контрольными кабелями***. Контрольные кабели имеют от 4 до 37 жил.

Для передачи и распределения электроэнергии сооружают не только воздушные, но и кабельные линии. Для этих целей

применяют силовые кабели. В отличие от контрольных кабелей силовые кабели рассчитаны на более высокое напряжение – 35 кВ и выше.

Работы по сооружению и ремонту кабельных линий электропередач выполняют высококвалифицированные рабочие – электромонтажники по кабельным сетям.

Полупроводниковые материалы

Электростанции вырабатывают переменный ток. Однако для большинства современных электронных устройств необходима энергия постоянного тока. Для преобразования переменного тока в постоянный применяют выпрямители, в которых используют приборы с вентильными свойствами, т. е. односторонней проводимостью. Для построения схем выпрямления можно использовать электровакуумные, ионные магнитные и полупроводниковые приборы. В настоящее время наибольшее распространение получили. выпрямители на полупроводниковых приборах, поскольку полупроводниковые выпрямители просты, обладают высоким КПД, имеют длительный срок службы.

Выпрямитель – это устройство, преобразующее переменный ток в постоянный или пульсирующий. Выпрямители классифицируются по следующим признакам:

• по количеству фаз (однофазные и трёхфазные);

• по виду выпрямительных элементов (вакуумные, полупроводниковые, магнитные и т. д.);

• неуправляемые и управляемые;

• по способу включения выпрямительных элементов (мостовые и с нулевой точкой);

• по виду нагрузки (она может быть активной, активно-ёмкостной, активно-индуктивной).

Для изготовления полупроводниковых приборов используют *полупроводники*. Полупроводники по электропроводимости занимают промежуточное место между проводниками и изоляторами. Для полупроводников характерно наличие двух типов проводимости: электронной, или n-проводимости, за счёт свободных электронов; дырочной, или p-проводимости, за счёт валентных электронов (дырок). Введение определённых примесей позволяет получать полупроводники *n*– или *p*-типа. Если полупроводник имеет две зоны с различными типами проводимости, то на их границе образуется *n-p-переход*, обладающий односторонней проводимостью электрического тока. При подключении положительного полюса источника тока к зоне с проводимостью p-типа, а отрицательного – к зоне с проводимостью n-типа дырки будут отталкиваться положительным потенциалом источника тока, а электроны – отрицательным. В результате этого они движутся навстречу друг другу, частично рекомбинируя в зоне перехода, а затем притягиваются к электродам источника питания, обеспечивая прохождение электрического тока через *выпрямительный*

полупроводниковый диод, преобразующий переменный ток в постоянный.

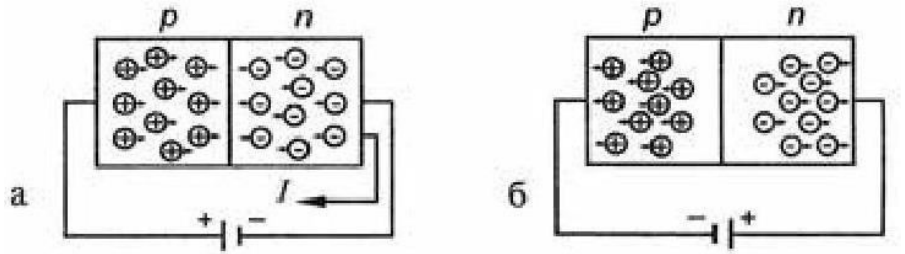


Рис. 21. Электронно-дырочный переход диода:
а – ток через диод проходит; ***б*** – ток через диод не проходит.

Если же подключение выполнить иначе, то зона перехода обедняется носителями зарядов, а его сопротивление резко возрастает и ток через диод не проходит.

Для наглядности одностороннюю проводимость диода можно продемонстрировать с помощью установки, изображённой схематически.

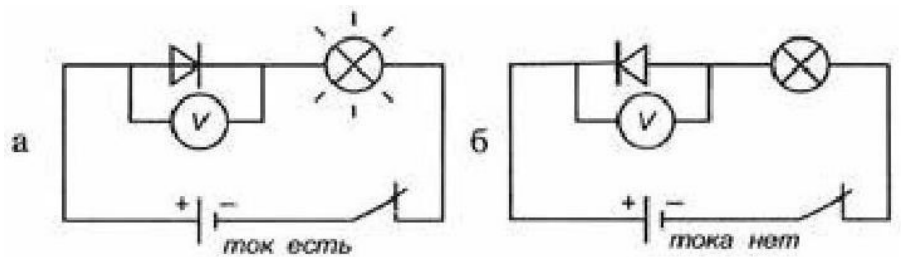


Рис. 22. Схема установки для демонстрации односторонней проводимости диода.

В идеальном кристалле ток создаётся равным количеством электронов и дырок. Такой тип проводимости называют собственной проводимостью полупроводников. При повышении температуры (или освещённости) собственная проводимость проводников увеличивается.

В полупроводниковых диодах следует различать сопротивление диода в прямом направлении $\boldsymbol{R}_{\text{Опр}}$, которое относительно мало, и сопротивление диода в обратном направлении $\boldsymbol{R}_{\text{Ообр}}$, которое относительно велико, но не равно бесконечности.

Для полупроводникового диода установились следующие понятия, характеризующие его свойства: *прямой ток* ($\boldsymbol{I}_{\text{пр}}$) – это ток, протекающий через диод в прямом направлении; выпрямленный ток – это среднее значение выпрямленного тока

или постоянная составляющая пульсирующего тока; *обратный ток* ($I_{обр}$) – это ток, протекающий через диод, когда к диоду приложено обратное напряжение. Выпрямительный диод представляет собой прибор с одним р-п переходом и двумя выводами. Вывод, к которому течёт ток из внешней электрической цепи при прямом включении диода (вывод из зоны типа *р*), называют *анодным*; вывод, от которого прямой ток направляется во внешнюю цепь (вывод из зоны типа *п*), именуют *катодом*.

Промышленностью выпускается большой ассортимент германиевых и кремниевых диодов. Кремниевые диоды могут работать при более высоких температурах, чем германиевые (+125 ˚С и выше); они имеют более высокое обратное напряжение и меньшие обратные токи. Недостатком их является несколько большее сопротивление при включении в прямом направлении, а следовательно, большие падения напряжения и потери мощности.

В зависимости от конструктивного исполнения *р-п* перехода различают два типа германиевых кремниевых диодов: плоскостной и точечный.

Рис. 23. Точечный (*а*) и плоскостной (*б*) полупроводниковые диоды.

В точечном диоде *р-п* переход образуется в точке касания пластины из полупроводника (рис. 23, *а*) с остриём тонкой металлической иглы, при этом прямое направление соответствует прохождению тока от металлической иглы к пластине.

У плоскостных диодов (рис. 23, *б*) выпрямляющими свойствами обладает поверхность раздела двух областей полупроводника с электронной и дырочной проводимостями. Плоскостные диоды имеют б`ольшую площадь р-п перехода, вследствие чего допускают большие токи и обратные напряжения. Они имеют так же меньшее падение напряжения в прямом направлении, точечные диоды.

Плоскостные и точечные диоды различают в зависимости от соотношения линейных размеров выпрямляющего электрического перехода и характеристической длины. Такой длиной для диода является наименьшая по значению из двух величин, определяющая свойства и характеристики диода: диффузионная длина неосновных носителей заряда в базе или толщина базы.

Точечным называют диод, у которого линейные размеры, определяющие площадь выпрямляющего электрического перехода, значительно меньше характеристической длины.

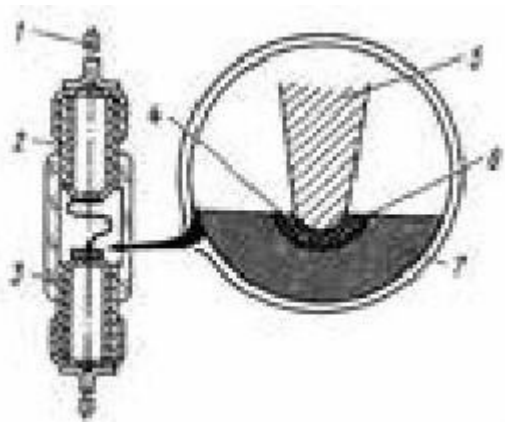


Рис. 24. Продольный разрез точечного диода:

1 – выводы, 2 – коваровые трубки, 3 – корпус, 4 – слоиндия, 5 – контактная пружина, 6 – ***р-п*** *-переход, 7 – германий с проводимостью* ***п*** *.*

Благодаря малой площади *р-п* перехода точечные диоды имеют незначительную ёмкость. Поэтому их применяют для выпрямления токов высокой частоты (главным образом в радиоаппаратуре и автоматике).

Плоскостным называют диод, у которого линейные размеры, определяющие площадь выпрямляющего электрического перехода, значительно больше характеристической длины.

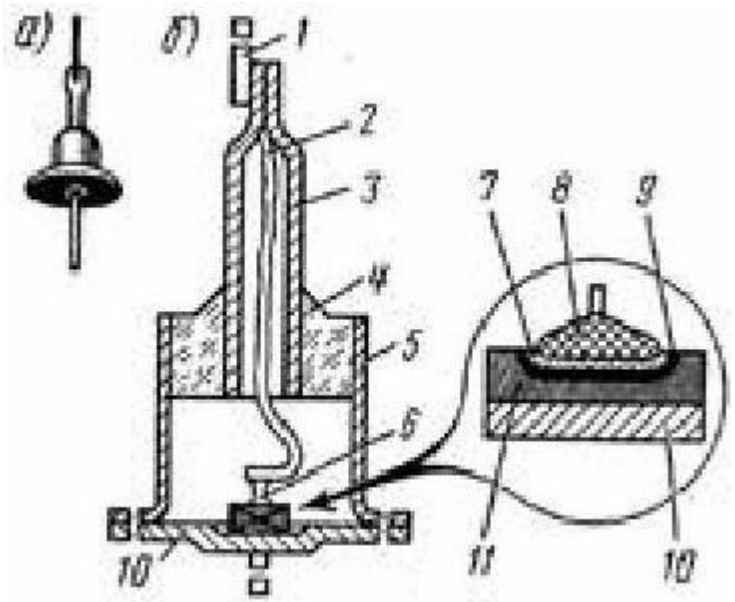


Рис. 25. Внешний вид (*а*) плоскостного германиевого диода и его продольный разрез (*б*):

1 – наружный вывод, 2 – внутренний вывод, 3 – трубка, 4 – изолятор, 5 – корпус, 6 – электрод, 7 – слой с проводимостью р, 8 – слой индия, 9 – р-n-переход, 10 – держатель, 11 – германий с проводимостью n.

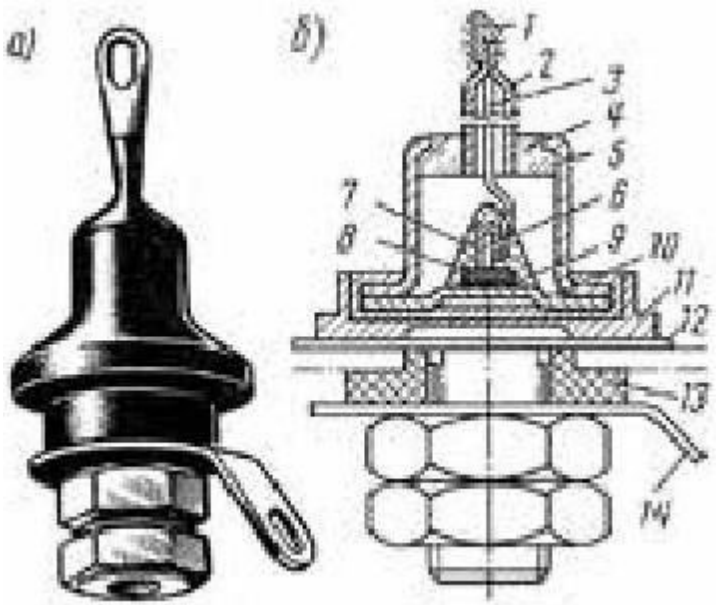


Рис. 26. Общий вид (*а*) плоскостного кремниевого диода и его продольный разрез (*б*):

1 – наружный вывод, 2 – трубка, 3 – внутренний вывод, 4 –

стеклянный изолятор, 5 – корпус, 6 – алюминиевый столбик, 7 – влагозащитная масса, 8 – пластинка кремния, 9 – слой олова, 10 – держатель, 11 – охладитель, 12 – пластинка из слюды, 13 – изоляционная втулка, 14 – контактный лепесток.

Выпускаемые промышленностью диоды классифицируются по назначению, мощности, частоте и другим свойствам. Диоды, рассчитанные на сравнительно небольшие токи (до 10 А), маркируют буквой ***Д*** и соответствующим номером. Полупроводниковые диоды, рассчитанные на б`ольшие токи (до 2 000А), часто называют силовыми вентилями (неуправляемыми) и маркируют буквой ***В*** (вентиль).

Эксплуатационные свойства выпрямительных диодов характеризуют их параметры, приводимые в справочной литературе.

Наиболее полное представление о работе полупроводниковых диодов при стационарном режиме даёт вольт-амперная характеристика, т. е. графическая зависимость тока, проходящего через диод, от приложенного к нему напряжения.

Номинальные значения токов и напряжений определяются ветвями вольт-амперной характеристики диода: $U_{пр}$ – постоянное прямое напряжение диода при заданном постоянном токе $I_{пр}$; $I_{обр}$ – постоянный обратный ток диода, протекающий через диод в обратном направлении при заданном обратном напряжении $U_{пр}$.

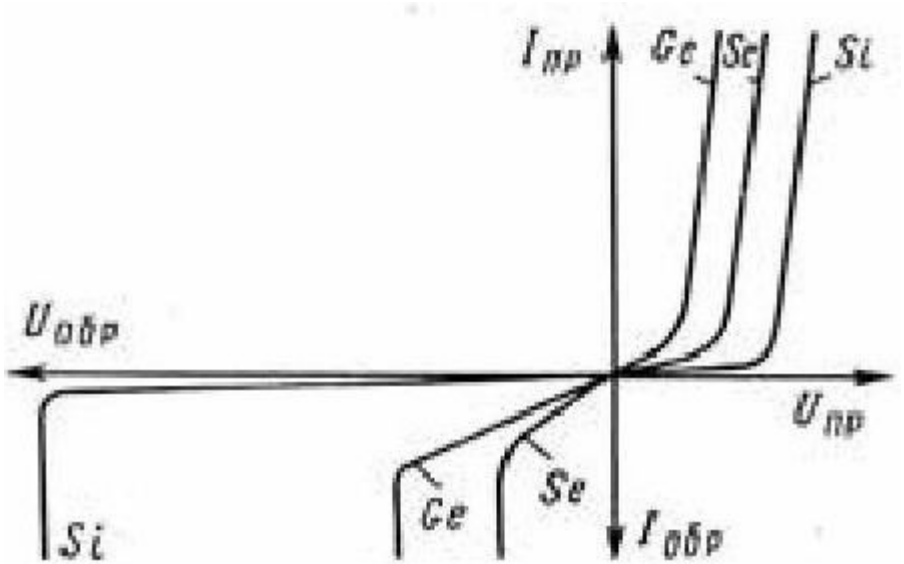


Рис. 27. Вольт-амперные характеристики полупроводниковых *(селенового* ***Se*** *, германиевого* ***Ge*** *, кремниевого* ***Si*** *)* **диодов.**

С помощью выпрямителей получают пульсирующий ток, направление которого не меняется, а меняется величина. Для того, чтобы сгладить пульсации тока, последовательно с диодом включают дроссель (катушка с сердечником), а параллельно – конденсаторы большой ёмкости. Дроссель и конденсаторы представляют собой фильтр, который сглаживает пульсацию тока. На выходе выпрямителя получают постоянный ток по величине и направлению.

Для выпрямления переменного тока используют три вида выпрямителей: однополупериодный (рис. 28, а), двухполупериодный со средней точкой (рис. 28, б) и двухполупериодный по мостовой схеме (рис. 28, в).

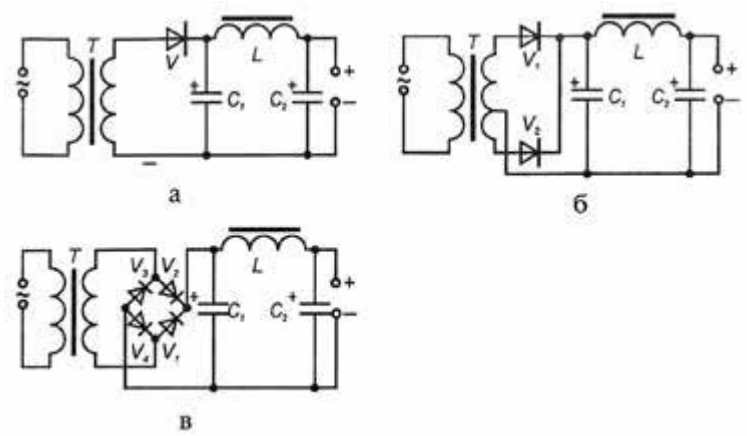


Рис. 28. Схемы выпрямителей.

Выпрямитель совместно с трансформатором работает на различную нагрузку – активную, активно-индуктивную и активно-ёмкостную. Характер нагрузки определяет форму выпрямленного напряжения на ней и соотношение выпрямленных и переменных напряжений и токов. Мощность этих однофазных выпрямителей обычно небольшая – от десятков до нескольких сотен ватт.

Для выпрямления трёхфазного тока применяют нулевые и мостовые схемы.

Технология электромонтажных работ

Электромонтажные работы выполняют при возведении и реконсструкции зданий и сооружений с целью монтажа электрических сетей и электрооборудования.

К электромонтажным работам относятся также некоторые работы, связанные с изготовлением электрических машин и аппаратов, например: соединение частей обмоток электрических машин, присоединение обмоток электрических машин и аппаратов к зажимам, укладка и крепление гибких токопроводов и т. п. Электромонтажные работы производят и при ремонте электроустановок или их частей.

В большинстве случаев технологический процесс осуществляют в следующей последовательности:

• Знакомятся с рабочими чертежами проекта электроустановки монтажными схемами.

• Размечают места установки электрооборудования, светильников, арматуры, коммутационных аппаратов, электрических щитков, линий прокладки проводов. Разметку делают по монтажным схемам и картам, разработанным на основе чертежей проекта электроустановки.

• Пробивают (если требуется) в конструктивных элементах здания отверстия и гнёзда, сверлят проходы, фрезеруют борозды.

• Устанавливают крепёжные детали, опорные конструкции, изоляторы и т. п.

• Устанавливают и крепят электрооборудование, щитки, арматуру, коммутационные аппараты. Обычно монтируют щитки и арматуру, к которым заранее присоединены провода.

• Отмеряют, отрезают, правят, прокладывают и крепят провода (кабели).

• Соединяют между собой смонтированные провода и присоединяют их к щиткам, аппаратуре и т. д.

• Проверяют правильность монтажа и соответствие его проекту электроустановки.

• Проверяют работу электроустановки под напряжением, устраняют неисправности (при отключенном напряжении!) и сдают электроустановку в эксплуатацию, предварительно проверив сопротивление изоляции проводов и сопротивление заземления.

Техническая документация

Монтажу устройств вторичной коммуникации предшествует ознакомление с технической документацией, основной из которой являются ***электрические схемы***: принципиальная (полная), соединений (монтажная) и подключения.

На ***принципиальной*** (полной) ***схеме*** приводятся все элементы и связи между ними, и она даёт детальное представление о принципе действия монтируемого устройства.

Схема соединений (монтажная) показывает связи между элементами устройства, чем они осуществляются (провода, жгуты, кабели), а так же места присоединений и вводов (разъёмы, платы, зажимы и др.).

Схема подключения показывает внешнее подключение устройства. Все элементы и их соединения на схемах изображают условными, графическими обозначениями и сопровождают маркировкой (буквенно-цифровыми обозначениями). Схемы соединений и подключения могу быть совмещены на одном чертеже, который отображает не только соединения в данном устройстве, но и его подключение (отходящие от него к другим устройствам провода, жгуты, кабели).

Ознакомление со схемами позволяет установить объём работ по монтажу устройства, определить потребность в материалах, инструменте, приспособлениях, предусмотреть необходимые организационные мероприятия, создав тем самым все условия для своевременного и качественного выполнения монтажа.

Монтаж электропроводов

Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими, защитными конструкциями и деталями, установленными в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ).

К электропроводкам относятся силовые, осветительные сети и вторичные цепи напряжением до 1000В, выполненные изолированными проводами всех сечений или небронированными кабелями с резиновой и пластмассовой изоляцией сечением до 16 мм^2.

Электропроводки внутри зданий и сооружений называют ***внутренними***.

Наружными считают электропроводки, проложенные по наружным стенам зданий, под навесами, а так же на опорах (не более 4-х пролётов, каждый длиной 25 м) вне дорог и улиц.

Наружные и внутренние электропроводки могут быть выполнены ***открытыми*** или ***скрытыми***.

Открытые электропроводки прокладывают по поверхности строительных элементов зданий и сооружений непосредственно по поверхности строительных элементов; на роликах, изоляторах, струнах и полосах; в металлорукавах, трубах и коробах, на лотках, в электротехнических плинтусах и наличниках; на тросах; свободной подвеской.

Скрытые электропроводки прокладывают внутри конструктивных элементов зданий и сооружений, по перекрытиям, в подготовке пола, непосредственно под съёмным полом, а так же в металлорукавах, трубах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под слоем штукатурки и замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении.

Прокладка проводов при монтаже устройств вторичной коммуникации является одной из основных операций всего технологического процесса электромонтажа. Именно провода образуют вторичные цепи, однако из-за их большого числа в устройствах вторичной коммуникации эти провода формируют в потоки в виде одного слоя (однослойная прокладка), нескольких слоёв (многослойная прокладка) или жгута круглой формы. Прокладка во вторичных цепях одиночными проводами почти не встречается.

Для монтажа вторичных цепей на панелях щитов, в шкафах, щитках, а так же в распределительных устройствах применяют

установочные провода преимущественно с медной жилой в резиновой или поливинилхлоридной изоляции.

Монтаж электропроводок выполняют, пользуясь чертежами и монтажными схемами.

При монтаже электрических проводок и электрооборудования большой объём занимают работы по заготовке отверстий, гнёзд и борозд в строительных конструкциях. Некоторые из рассматриваемых работ выполняют вручную, применяя зубила, пробойники, шлямбуры. В настоящее время эти работы выполняют в большинстве случаев с помощью электрифицированных, пневматических и пороховых инструментов, механизмов и приспособлений (перфораторы, монтажные пистолеты). К таким работам допускаются квалифицированные рабочие-электромонтёры в возрасте не менее 18 лет.

Крепёжные детали (штыри, спирали, скобы) и изолирующие опоры устанавливают в заранее заготовленные отверстия и гнёзда и закрепляют вмазкой, забиванием или приклеиванием. Для закрепления деталей вмазкой приготавливают раствор строительного гипса (алебастра), который затвердевает в течение 5-8 мин, поэтому его приготавливают в небольшом количестве и непосредственно перед использованием.

Приклеиванием закрепляют стальные или пластмассовые детали, предназначенные для крепления проводов и лёгких кабелей, ответвительные коробки, деревянные подрозетники и другие детали и изделия.

Подготовленные к прокладке провода и кабели размещают вдоль намеченных линий и закрепляют.

Рис. 29. Электромонтажные изделия, прикрепляемые к строительным конструкциям.

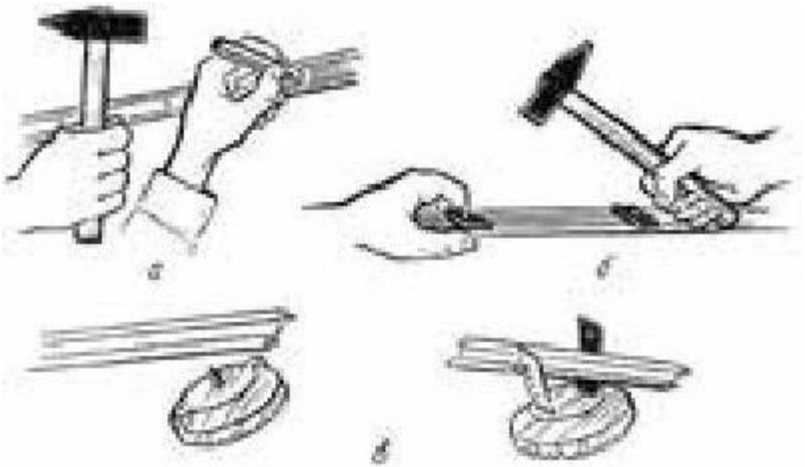


Рис. 30. Крепление ленточных проводов марки АППВ:

***а** – гвоздями при помощи деревянной оправки, **б** – гвоздями при помощи накладок, **в** – к пластмассовым крепёжным изделиям, приклеиваемым к несущему основанию.*

Паяние и лужение

При монтаже вторичных цепей на панелях щитов, в шкафах, щитках, а также в распределительных устройствах применяют установочные провода преимущественно с медными жилами. Одним из видов соединения проводов является паяние их между собой. Для получения прочного соединения необходимо удалить с соединяемых поверхностей оксидную плёнку и создать условия взаимодействия твёрдого и жидкого металлов. При кристаллизации вступившего во взаимодействие с материалом паяемых деталей более лёгкоплавкого связующего металла образуется паяное соединение.

***Пайка* – это физико-химический процесс получения соединения в результате** взаимодействия твёрдого паяемого (основного) и жидкого присадочного металла (припоя). Образующиеся в результате этого взаимодействия переходные слои на границах шва и соединяемых поверхностей деталей называются спаями. Формирование шва при пайке происходит путём заполнения припоем зазоров между соединяемыми деталями, т. е. процесс пайки связан с капиллярным течением. Одним из преимуществ пайки является возможность соединения за один приём в единое целое множества элементов, составляющих изделие. Поэтому пайка, как ни один другой способ соединения отвечает условиям массового производства. Она позволяет соединять разнородные металлы, а также металлы со стеклом, керамикой, графитом и другими неметаллическими материалами.

При пайке не происходит расплавления кромок паяемых деталей, поэтому проще сохранить в процессе нагрева требуемые форму и размеры изделия. Низкотемпературная пайка позволяет сохранить неизменными структуру и свойства металла соединяемых деталей. Важное преимущество пайки – разъёмность паяных соединений – делает её незаменимой при монтажных и ремонтных работах.

В соответствии со спецификой и особенностями технологического процесса пайку классифицируют:

• по характеру взаимодействия твёрдого и жидкого металлов при возникновении спая;

• по особенностям технологии образования паяного соединения;

• по способам нагрева.

По характеру взаимодействия основного металла с расплавом припоя и природе связей на границе основной металл – припой

выделяют четыре вида спаев: бездиффузионный, растворно-диффузионный, контактно-реакционный и диспергированный.

По особенностям технологии образования паяного соединения (режим пайки, способ введения припоя, формирование шва) выделяют пайку капиллярную, диффузионную, контактно-реактивную, реактивно-флюсовую и некапиллярную.

Образующееся при пайке соединение по своему строению и составу неоднородно, включает литую прослойку (шов), спаи, диффузионные и прикристаллизованные зоны.

Шов – неоднородная по составу и строению прослойка между соединяемыми деталями, образующаяся в результате взаимодействия расплава припоя с паяемым материалом и последующей кристаллизации расплава в зазоре.

Спай – переходный слой на границе паяемая деталь – шов, образующийся в результате взаимодействия расплава припоя с паяемым материалом.

В зависимости от источника нагрева пайка может быть следующих видов: пайка паяльником, газопламенная, электродуговая, электросопротивлением, индукционная, экзотермическая, пайка электронным лучом, лазером, пайка в печи, погружением в расплавленную соль, погружением в расплавленный припой, волной припоя, электролитная пайка, пайка в нагретых штампах, инфракрасными лучами, в нагревательных матах и нагретыми блоками.

Наиболее простой метод пайки с нагревом паяльником широко применяют во многих областях техники и в быту. Простейший паяльник состоит из медного заострённого наконечника, закреплённого на стальном стержне с ручкой.

Независимо от способа нагрева и конструкции основное назначение паяльника – нагрев припоя до расплавления, накапливание расплавленного припоя и нанесения его на паяемое изделие, прогрев металла по месту пайки, а также удаление излишков расплавленного припоя.

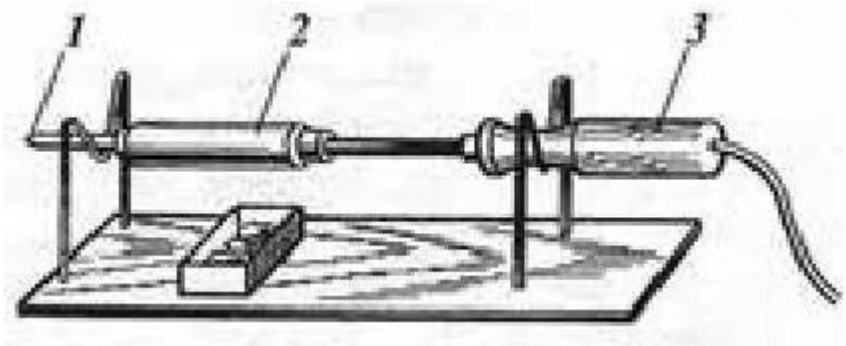


Рис. 31. Электрический паяльник на подставке:

1 – медный сменный стержень, 2 – электронагреватель, 3 – изолирующая ручка.

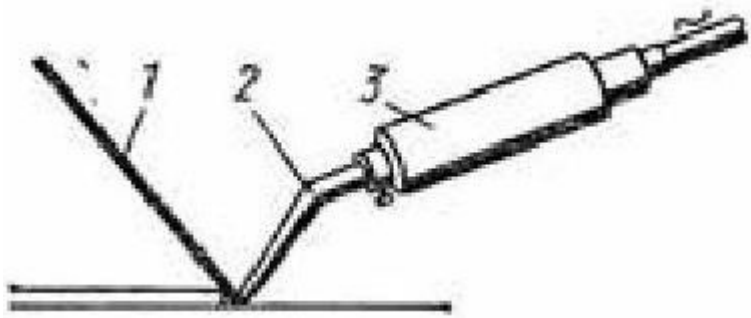


Рис. 32. Пайка электрическим паяльником:

1 – припой, 2 – медный сменный, стержень паяльника (жало), 3 – электронагреватель.

Наибольшее применение в промышленности и в бытовых условиях получили электрические паяльники, которые в зависимости от материалоёмкости паяемых изделий имеют различные размеры. Рабочая часть паяльника представляет собой стержень из меди, медных сплавов и других материалов. Электронагреватель расположен с внешней стороны стержня или внутри его, изготовлен из материала с большим электросопротивлением; подачу теплоты в рабочую часть стержня – жала – регулируют изменением входного напряжения или периодическим отключением паяльника от электропитания. Эффективность электропаяльника зависит от теплоёмкости стержня и скорости восстановления температуры. Выбор паяльника производят по номинальной мощности, при этом выбранное значение мощности округляют до ближайшего значения унифицированного ряда. В конструкции электропаяльников принят ряд мощностей: 4, 6, 12 и 18 Вт – микропаяльники (напряжением 6 В); для печатного монтажа – 25,

30, 35, 40, 50 и 60 Вт, а для пайки объёмного монтажа – 50, 60, 75, 80, 100 и 120Вт.

В зависимости от расположения паяемого шва, конфигурации изделия и назначения паяльники имеют самую разнообразную форму.

Рис. 33. Электрический паяльник с нагревательным элементом, расположенным внутри стержня.

Паяльники с электрическим обогревом в зависимости от рода выполняемых работ выпускают различных типоразмеров и мощностей. Они могут иметь внутренний или наружный обогрев.

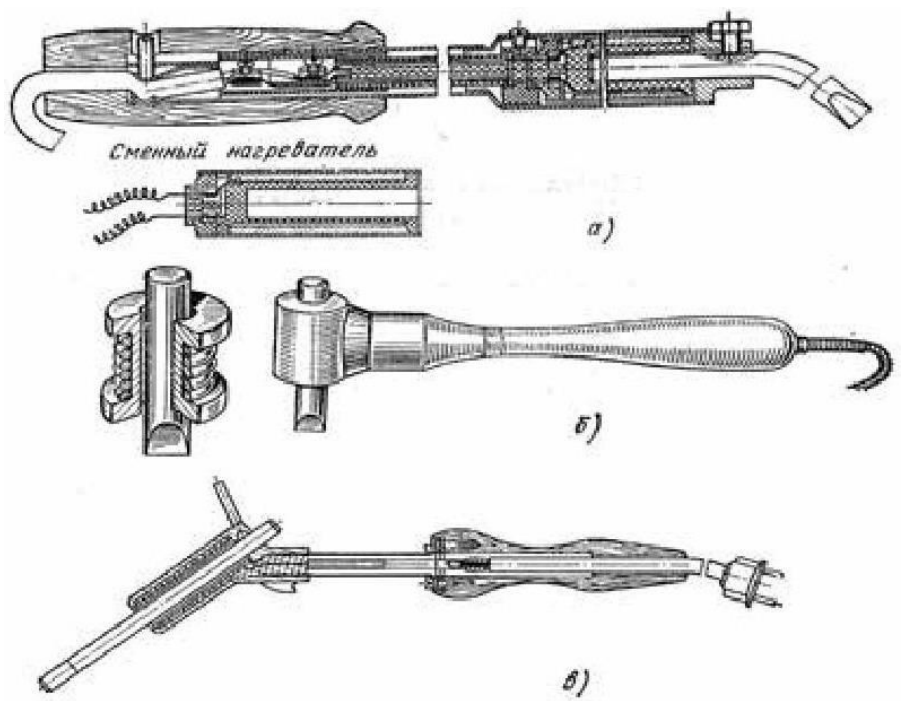


Рис. 34. Электрические паяльники с наружным обогревом:

***а** – универсальный со сменным нагревательным элементом, **б** – молотковый, **в** – угловой со сменным стержнем.*

Нагревательные элементы изготовляют из жаростойкой проволоки (нихром), намотанной на слюдяное или керамическое основание. Для сокращения времени ремонта паяльника

нагревательные элементы делают сменными. Отечественная промышленность выпускает бытовые электрические паяльники различной конструкции, рассчитанные на напряжение 127 и 220 В с номинальной мощностью 35–200 Вт. В зависимости от конфигурации паяемого шва наконечники (жало) к паяльникам могут иметь самую различную форму.

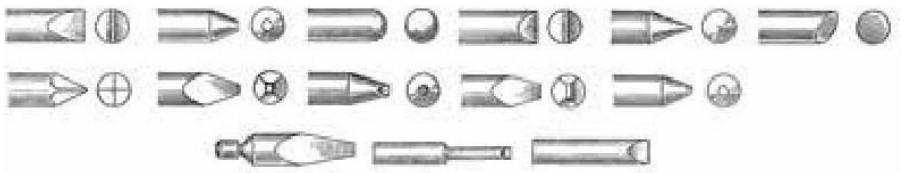


Рис. 35. Форма наконечников для электрических паяльников.

Материалы для наконечников должны иметь высокую теплопроводность, хорошо *облуживаться*, обладать пониженным окалинообразованием при температурах пайки, хорошо сопротивляться действию расплавленного олова и флюсов. Самым распространённым материалом для изготовления наконечников является чистая медь. Но для уменьшения износа рабочей части наконечников их изготовляют из сплава меди с хромом, никелем, теллуром, серебром или цинком.

Для удобства пайки, сокращения расходов припоя и электроэнергии электрические паяльники выпускают с термостатическим микропрерывателем тока, который выключает паяльник по достижении нужной температуря и снова включает, когда он немного остынет. При пайке в затемнённых местах паяльник снабжают вспомогательной лампочкой, включённой последовательно с нагревательным элементом. Лампочка хорошо освещает место пайки.

Кроме паяльников с электрическим подогревом существует ещё две группы паяльников, отличающихся по способу нагрева: без постоянного подогрева и с непрерывным подогревом газом или жидким топливом. Особую группу составляют паяльники специального назначения. Паяльники первой группы нагревают периодически в пламени паяльной лампы или в специальных горнах, работающих на жидком, твёрдом и газообразном топливе.

Рис. 36. Паяльники, нагреваемые в пламени паяльной лампы или в горне:

***а** – молотковый, **б** – торцовый, **в** – фасонный.*

Паяльники с непрерывным подогревом отличаются тем, что медный стержень непрерывно подогревается открытым пламенем. В качестве топлива используют спирт, бензин, городской газ, ацетилен, водород. Паяльники, обогреваемые жидким топливом, обычно состоят из сосуда для топлива, горелки, запорных краников и наконечника. Такие паяльники очень удобны в работе и не требуют дополнительного оборудования.

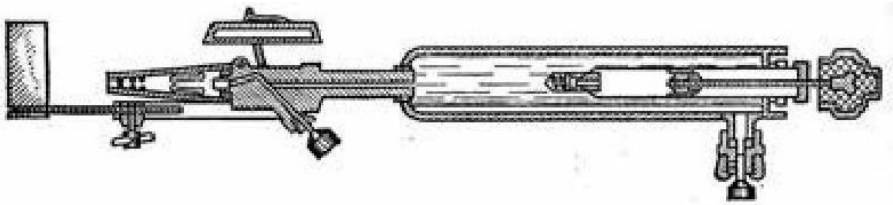


Рис. 37. Бензиновый паяльник.

Перед пайкой в первую очередь необходимо подготовить паяльник. Для этого рабочий конец паяльника затачивают под углом 30-40˚ и зачищают от следов окалины. Зачищенный паяльник нагревают до 250-300 ˚С, затем рабочий конец его погружают во флюс и тщательно залуживают припоем, после этого паяльник готов к работе. Подготовленное к пайке соединение очищают от пыли, жира, грязи и окислов, покрывают флюсом и разогревают паяльником до нужной температуры.

Когда шов прогревается до температуры плавления припоя, облуженным концом паяльника захватывают припой и переносят его в шов. Если припоя требуется много, то он расплавляется паяльником непосредственно на поверхности паяемого изделия. Пайку производят, передвигая паяльник по шву, благодаря чему расплавленный припой затекает в зазор.

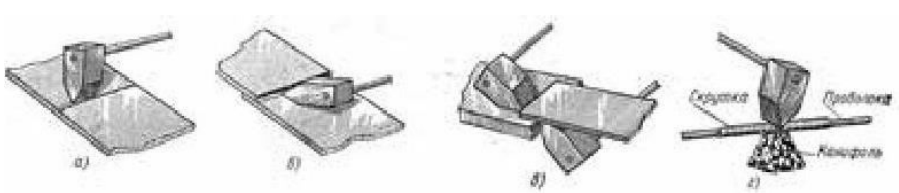


Рис. 38. Приёмы пайки паяльником:

а – пластин встык, ***б*** – внахлёстку, ***в*** – пайка тонкой пластины с толстой внахлёстку, ***г*** – толстых проводов на куске канифоли.

Во время пайки следует внимательно следить за температурой паяльника, не допуская его перегрева. Перегрев паяльника выше 400ºС повышает ок-а линообразование и затрудняет обслуживание наконечника. Если паяльник перегрет,

то полуда на его наконечнике становится жидкой и не держится, сильно окисляется и выгорает. Во время длительной пайки необходимо периодически очищать рабочую часть паяльника от окалины. Очищенный паяльник перед работой подвергают облуживанию.

В серийном и единичном производстве при пайке для нагрева изделий применяют газопламенные горелки. Нагрев газовым пламенем отличается большой универсальностью, позволяет осуществить местный нагрев в ограниченной зоне изделия, применим при пайке изделий любых форм и размеров, не требует сложного оборудования, допускает механизацию и автоматизацию процесса.

При пайке легкоплавкими припоями обычно используют паяльные лампы. Иногда их применяют и при пайке тугоплавкими припоями со сравнительно невысокой температурой плавления (например, серебряными). Пайка паяльными лампами может производиться с менее тщательной подготовкой места спая, так как пламя лампы обеспечивает выгорание различных загрязнений, находящихся на поверхности изделия. При пайке место спая покрывают флюсом и начинают его греть до тех пор, пока пруток припоя при соприкосновении с деталью не начнёт плавиться. Во время пайки необходимо непрерывно добавлять как припой, так и флюс. В случае недостаточного количества флюса поверхность спая в результате нагрева окислится, и затекание припоя в шов может прекратиться.

Паяльные лампы работают на бензине, керосине или спирте. Температура пламени паяльной лампы достигает 1 000-1 100 °С. Паяльные лампы работают следующим образом. Из резервуара под небольшим давлением жидкое горючее поступает в предварительно нагретый испаритель, где переходит из жидкого состояния в газообразное. В трубке, примыкающей к испарителю, горючий газ смешивается с подсасываемым воздухом. На выходе горючую смесь поджигают. Количество подаваемого газа регулируют.

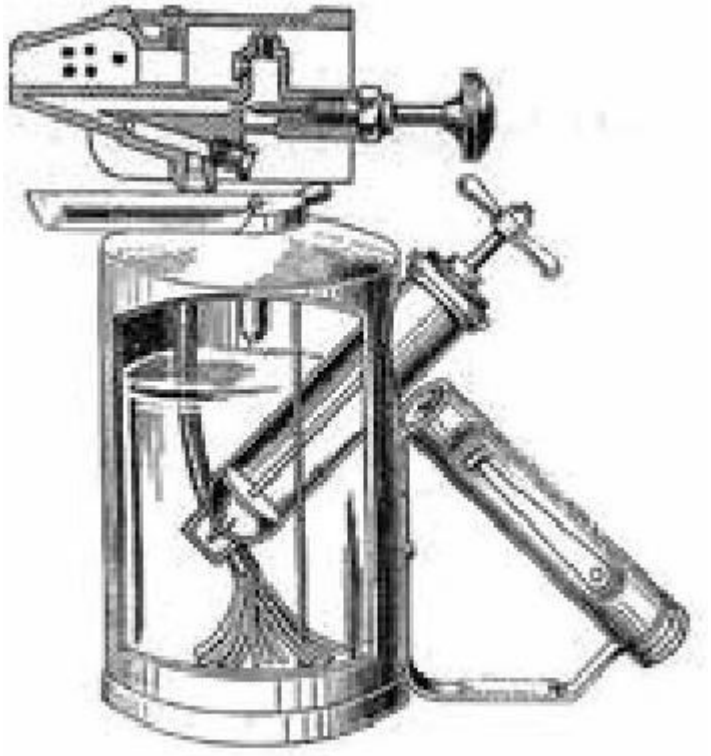


Рис. 39. Паяльная лампа.

Паяльную лампу разжигают в следующем порядке:

– в резервуар лампы наливают горючее до 3 / 4 объёма;

– в чашку под испарителем наливают горючее и поджигают;

– когда пламя затухнет, отвинчивают регулирующий винт, при этом пары бензина выходят через сопло, подсасывая воздух;

– горючую смесь воспламеняют у входа в трубку.

Прежде, чем приступить к пайке, необходимо произвести подготовку поверхностей металлических материалов.

Термическая очистка. Удаление с паяемой поверхности различного рода неметаллических загрязнений можно проводить ацетилено-кислородной или керосино-кислородной горелками, дающими широкий факел пламени. Для удаления окалины и изоляции этот способ очистки сочетается с последующей обработкой металлическими щётками.

Очистка поверхностей деталей от окисных и неметаллических включений может проводиться в восстановительной среде или в вакууме.

Механическая очистка. Этот метод очистки создаёт шероховатую поверхность, что улучшает условия капиллярного течения припоя. В качестве инструмента могут быть

использованы металлические щётки, напильники, шаберы, шлифовальная шкурка. Очистка металлическими щётками весьма производительна, рекомендуется для алюминиевых и магниевых сплавов.

Химическая очистка производится путём обезжиривания и травления с последующей промывкой в воде.

Обезжиривание проводится с целью очистки от остатков жировых загрязнений. В зависимости от обрабатываемого металла в состав ванны для химического обезжиривания могут входить следующие вещества: едкий натр, углекислый натрий, тринатрийфосфат, эмульгатор ОП-7, жидкое стекло. Консервирующие смазки с изделий со сложной конфигурацией поверхности, с внутренними полостями и глубокими отверстиями удаляют с помощью органических растворителей. Бензин хорошо растворяет жиры и масла. В крупносерийном и массовом производстве детали очищают от жира дихлорэтаном, трихлорэтаном, трихлорэтиленом и др. эти растворители хорошо поддаются регенерации.

Для *химического травления* сталей и цветных материалов приготовляют ванны, в состав которых входят химические вещества в разных пропорциях в зависимости от обрабатываемого металла или сплава: серная кислота, соляная кислота, азотная кислота, хлористые натрий, селитра калиевая, натрий двухромовокислый, присадка КС, едкий натр и др.

Кроме этого для очистки поверхностей деталей применяют *ультразвуковое обезжиривание, комбинированное обезжиривание и травление, травление с применением ультразвука.*

Основными компонентами пайки являются **припои** и **флюсы**.

Припой – это металл или сплав, вводимый в зазор между соединяемыми деталями или образующийся между ними в процессе пайки, имеющий более низкую температуру начала автономного плавления, чем паяемые материалы. Припои изготовляются в виде полос, фольги, проволоки, прутков, отливок, порошка.

К припоям предъявляются следующие основные требования:
• температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления паяемых материалов;

• необходимо, чтобы расплавленный припой (в присутствии защитной сферы, флюса или в вакууме) хорошо смачивал паяемый материал и легко растекался по его поверхности;

• достаточно высокие прочность, пластичность и герметичность; • в паре с паяемыми материалами припой не должен образовывать коррозионно-стойкие пары;

• коэффициенты термического расширения припоя и

паяемого материала не должны резко различаться;

• высокая электропроводимость припоев, применяемых для паяния радиоэлектронных и токопроводящих изделий.

По температуре расплавления припои подразделяются на следующие группы: особолегкоплавкие (до 145 ˚С); легкоплавкие (от 145 до 450 ˚С); среднеплавкие (от 450 до 1100 ˚С); высокоплавкие (от 1100 до 1850 ˚С); тугоплавкие (от 1850 ˚С). Легкоплавкие припои условно считаются мягкими припоями, а остальные – твёрдыми. К мягким относят припои на оловянно-свинцовой основе ПОС, применяемые в различных областях промышленности; к твёрдым – серебряные припои ПСр, медные М0, М1, М2 (для пайки углеродистой и многих легированных сталей, никеля и его сплавов), медно-фосфористые МФ, медно-цинковые ПМЦ, медно-никелевые ПМН, медно-фосфорные ПМФ, цинко-алюминиевые и др. Мягкие припои предназначены для пайки деталей из меди, латуни, оцинкованной стали с небольшой механической прочностью паяного соединения на разрыв (28–55МПа), а также для лужения; твёрдые – для пайки ответственных деталей и соединений с увеличенной механической прочностью (280–350МПа).

Кроме припоев, предназначенных для пайки меди, латуни, стали, в ремонтной практике применяются припои для пайки токоведущих деталей и проводов из алюминия и его сплавов, например кадмиевый припой, АВИА-1, АВИА-2, ЦА-15, П250А, П300А и др.

Паяльный флюс – это активное химическое вещество, предназначенное для очистки и поддержания в чистоте поверхностей паяемого металла с целью снижения поверхностного натяжения и улучшения растекания жидкого припоя.

Основные требования, которые должны выполнять флюсы, следующие: • химически не взаимодействовать с припоем (кроме случаев реактивно флюсовой пайки);

• качественно очищать поверхность основного металла и припоя от присутствующих на них окислов и защищать паяемое соединение от воздействия окружающей среды во время паяния;

• температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя;

• в расплавленном и газообразном состоянии способствовать смачиванию поверхности основного металла расплавленным припоем;

• сохранять свойство и не менять своего состава от нагрева при пайки; • не вызывать сильной коррозии паяного соединения и не выделять при нагреве ядовитых газов.

Среди известных паяльных флюсов имеются твёрдые, пастообразные, жидкие и газообразные. Основная роль флюса – очистка поверхности твёрдого металла от окислов и загрязнений, а также высаживание на поверхности паяемого металла тончайшего слоя металла, одноимённого металлу расплава (припоя). Растекание расплавленного припоя происходит по поверхности, покрытой тонким слоем того же металла, высадившегося из флюса. Для обеспечения хорошего растекания необходимо, чтобы поверхностное натяжение твёрдого металла было возможно большим, т. е. удаление окисных плёнок с поверхности твёрдого металла будет улучшать растекание расплава по нему. В состав флюса должны входить компоненты, обладающие травящими или сильно восстанавливающими свойствами, так как они, очищая поверхность твёрдого металла от окисной плёнки, повышают поверхностное натяжение твёрдого металла и тем самым улучшают смачивание его расплавом.

В зависимости от температурного интервала активности различают низкотемпературные паяльные флюсы (≤ 450 °C) и высокотемпературные (> 450 °C). По природе растворителя и состоянию они делятся на водные и неводные, твёрдые, жидкие и пастообразные.

По механизму действия паяльные флюсы бывают защитные, реактивные, химического и электрохимического действий.

Низкотемпературные флюсы подразделяются на канифольные, кислотные, галогенидные, гидразиновые, фторборатные, анилиновые и стеариновые.

По природе активаторов определяющего действия высокотемпературные флюсы подразделяются на галогенидные, фторборатные, боридные и боридноуглекислые.

Для низкотемпературной пайки в качестве флюса применяют канифоль и её растворы в спирте или в органических растворителях; гидразин, древесные смолы, вазелин, а также их соединения с другими компонентами. Более активны флюсы, содержащие органические кислоты (молочную, лимонную, олеиновую и др.), а также их растворы в воде или спирте. Для ослабления коррозийного действия в эту группу флюсов добавляют канифоль или другие компоненты, не вызывающие коррозии.

Канифоль – это твёрдое стекловидное вещество с температурой плавления 125 °C, полученное из сосновой смолы. Она хорошо растворяется в спирте и во многих других органических растворителях, не вызывает коррозии металлов и сплавов, в нормальных атмосферных условиях стабильно и негигроскопично. Флюсовые свойства канифоли изменяются в

зависимости от температуры: при нормальной температуре она обладает защитными свойствами; в расплавленном состоянии до температуры 200–300 ˚С она растворяет тонкий слой окиси меди; при температуре 310 ˚С начинает обугливаться и затруднять процесс пайки. Канифоль в качестве флюса применяют в твёрдом состоянии или в виде раствора в бензине, керосине или спирте. В канифоли содержится также терпентин, который нейтрализует абиетиновую кислоту, поэтому остатки флюса после пайки не вызывают коррозии соединения. Для повышения активности канифольных флюсов в них добавляют гидразин, анилин, триэтаноламин и другие компоненты. По своей активности эти флюсы близки к водным растворам хлористого цинка, но по антикоррозионным свойствам они приближаются к спиртовым канифольным флюсам; остатки флюса при паяном изделии вызывают незначительную коррозию. Канифольными флюсами, содержащими хлориды, можно паять при температурах 300–350 ˚С.

Для пайки меди и её сплавов, стальных и оцинкованных изделий оловянно-свинцовыми припоями отечественная промышленность выпускает паяльные **канифольные лаки ЛТИ**. Лак на место пайки наносят тонким слоем кистью или деревянной лопаточкой. остатки флюса после пайки можно не удалять, если изделие не предназначено для дальнейшего анодирования или окраски. Пайку с помощью паяльных лаков следует производить при температуре не выше 300-350 ˚С в хорошо вентилируемом помещении или под тягой.

Высокими антикоррозионными свойствами обладают флюсы на основе древесных смол и вазелина. Эти флюсы применяют для пайки радиоэлектронной аппаратуры, особенно когда требуются высокие изоляционные свойства. Среди слабокоррозионных флюсов хорошо известны флюсы на основе глицерина с небольшими добавками хлористого цинка, хлористого аммония, гидразина и др.

Высокой активностью и сильными восстановительными свойствами обладают флюсы, в состав которых входят водные или спиртовые растворы хлористых или бромистых солей гидразина. Растворы солей гидразина имеют, кислую реакцию, и хорошо очищают паяемую поверхность. Флюсами с салями гидразина можно паять медь и её сплавы, сталь, драгоценные металлы, никель, кадмий и свинец.

Наиболее употребительными флюсами для пайки медными, серебряными и жаростойкими припоями являются прокаленная бура и её смесь с борной кислотой. Для повышения активности флюса в эти смеси добавляют фтористые и хлористые соли

металлов. Для пайки при особо высоких температурах и продолжительном нагреве к борной кислоте добавляют порошки металлов магния, титана, алюминия, боросодержащие и другие соли. В состав флюсов, используемых для пайки серебряными припоями, на ряду с хлористыми и фтористыми солями дополнительно выводят сложные соединения, например кремнефторид калия, метаборат натрия, фторборат калия и т. д.

Флюсы, предназначенные для пайки алюминиевых и магниевых сплавов должны иметь повышенную активность и хорошую способность разрушать плотные и прочные окисные плёнки. С этой целью во флюсы, состоящие из смеси хлористых солей, добавляют фтористые соли калия, натрия, лития, кадмия, алюминия и др. Самое большое распространение припайки легкоплавкими припоями имеет водный раствор хлористого цинка. Его приготовляют путём растворения металлического цинка в соляной кислоте. Для этой цели в ванну с кислотоупорной футеровкой загружают цинк, затем постепенно вливают кислоту.

В тех случаях, когда применение обычных флюсов (порошкообразных, жидких, пастообразных) затруднено из-за невозможности удаления их остатков после пайки, применяют газообразные флюсы, являющиеся продуктами распада фтористых или хлористых солей при нагреве. Продукты реакции разложения этих солей при нагреве используют в качестве флюса при пайке коррозийно-стойких сталей и жаропрочных сплавов припоями, имеющими температуру плавления ниже 1000 °С. Флюсообразующие соли помещают вместе с деталями в контейнер для пайки или подвергают нагреву (разложению) в специальной установке, откуда продукты реакции вместе с инертным газом по газопроводу направляют к паяемым деталям.

Качество готового флюса определяется не только его составом, но и последовательностью введения составляющих веществ при его изготовлении. В массовом производстве флюсы обычно изготовляют из технически чистых компонентов.

Качество пайки и возможность получения паяного соединения во многом зависит от правильного выбора флюса. При выборе флюса учитывают паяемый материал, тип припоя, необходимость очистки изделия от остатков флюса после пайки, способ нагрева, температуру и скорость пайки. Из всех приведённых факторов основным при выборе флюса является паяемый материал. Алюминий, магний, нержавеющая сталь и некоторые другие металлы невозможно паять, применяя канифольные флюсы. Для пайки таких металлов следует брать активные флюсы, обеспечивающие во время пайки удаление

окисной плёнки и смачивание основного металла. Трудно поддаются пайке с канифолью сталь и чугун. Эти металлы легко паять с хлористым цинком или другими активными флюсами. Совершенно недопустимо применять кислотные флюсы при пайке электрической, радиоэлектронной или другой аппаратуры, промывка которой после пайки невозможна. В этом случае могут быть выбраны только некоррозионные флюсы, имеющие после пайки твёрдый, нелипкий и негигроскопичный остаток с хорошими изоляционными свойствами. Правильно выбранный флюс должен обеспечить смачивание основного металла припоем, быть безопасным в работе и по возможности наименее коррозионно-активным.

Приготовленные флюсы и пастообразные припои следует хранить в чистой посуде с плотно закрываемой пробкой. При открытом хранении вследствие испарения компонентов и поглощения влаги из атмосферы может произойти нарушение состава флюса, изменение его вязкости, цвета, товарного вида и флюсующей активности.

Лужение – покрытие тонким слоем олова какой-либо металлической поверхности, для защиты от окисления и ржавления. Этот слой олова называется полуда. Такие покрытия наносят на поверхность деталей с целью:

• облегчения процесса пайки труднопаяемых металлов (технологические покрытия);

• предотвращения нежелательного взаимодействия припоя и паяемого металла (барьерные покрытия);

• облегчения процесса пайки, при этом наносят припои;

• достижения необходимой пористости поверхности паяемого металла (в случае необходимости получения вакуумно-плотного соединения);

• обеспечения пайки неметаллических материалов (керамики, графита и др.).

Покрытие, нанесённое на места пайки, должно прочно сцепляться с паяемым материалом. Во время последующих нагревов в процессе неизбежной технологической обработки нанесённые покрытия не должны вздуваться и отслаиваться.

Наиболее широко применяют лужение изделий натиранием и погружением. Горячее покрытие погружением изделий в жидкий припой можно производить через слой расплавленного флюса или окунанием в жидкий флюс, а затем в ванну с расплавленным припоем.

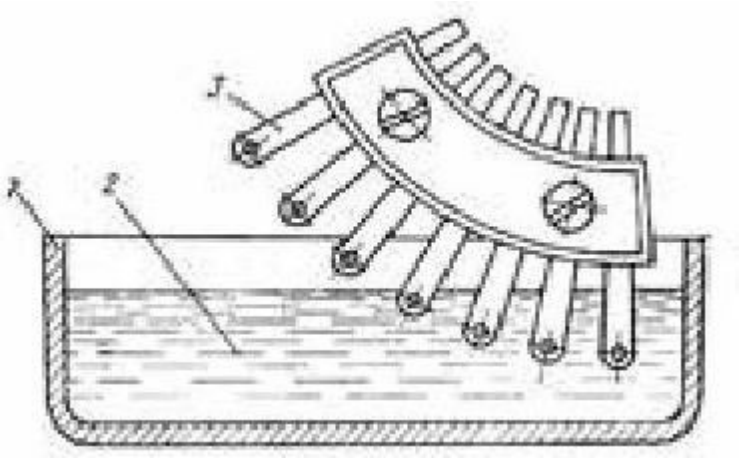


Рис. 40. Лужение погружением:

1 – тигель, 2 – расплавленный припой, 3 – детали, подвергающиеся лужению.

Для получения качественного лужения необходимо обеспечивать удаление окислов с поверхности лудильной ванны, для этого на поверхности ванны создают защитный слой флюса или графитового порошка, которые надо периодически возобновлять. При лужении относительно небольших деталей, не имеющих внутренних полостей, пользуются лужением через слой флюса в в специальных ваннах. Температура в ванне должна быть постоянной, так как её повышение приводит к увеличению угара припоя и снижению качества лужения, а понижение – затрудняет условия лужения и увеличивает расходы припоя за счёт наплывов на лужёной поверхности. Толщина покрытия влияет на паяемость лужёных изделий.

Покрытие толщиной менее 2,5 мкм будет иметь удовлетворительную паяемость, если пайка производится немедленно после обработки повертности. Считается, что примерно такая же толщина покрытия достаточна для пайки при небольшом сроке хранения. При продолжительном хранении толщину покрытия берут 30 мкм.

Высокое качество покрытий обеспечивается нанесением металлов в вакууме в результате их испарения (термовакуумный способ). Этот метод даёт получать равномерное покрытие малых толщин (2–100 мкм) в условиях, обеспечивающих отсутствие окисления паяемого металла и металла покрытия.

К качеству покрытий предъявляются определённые требования, поэтому после выполнения лудильных работ необходимо производить его контроль: визуальный контроль изделий после покрытия (цвет, блеск, шероховатость

поверхности); определение пористости и толщины слоя покрытий; испытание на коррозионную стойкость; определение следующие механических и физических свойств покрытий (пластичности, стойкости к высоким температурам и др.).

Оценку качества покрытий производят по внешнему виду (осмотр невооружённым глазом) на основании сравнения с эталонами и по результатам лабораторных методов испытания на основании требований к покрытиям, установленным техническими условиями.

Сцепляемость покрытия с паяемым металлом испытывается для листового материала загибом на угол 90° или 180° до поломки образца; для проволоки – навивкой образца вокруг стержня того же или большего диаметра в зависимости от диаметра и назначения проволоки. Во всех случаях испытаний на сцепляемость не должно быть трещин и отслаивания покрытия.

Качество паяных соединений (прочность, герметичность и др.) зависит не только от правильного выбора основного металла, припоя, флюса, способа нагрева и величины зазоров, но и от правильного выбора типа соединения (встык или внахлёстку), способа скрепления элементов перед пайкой, количества припоя и способа введения его в шов.

В связи с тем, что при пайке приходится пользоваться паяльными лампами и паяльниками с применением открытого огня, при производстве работ необходимо соблюдать правила пожарной безопасности.

При работе с паяльной лампой необходимо выполнять требования:

• резервуар лампы нужно заполнять горючим не более чем на 3 / 4 его ёмкости;

• наливную пробку плотно завёртывать;

• не работать с лампой вблизи огня;

• не разжигать лампу путём подачи горючего на горелку;

• не перекачивать лампу во избежание взрыва;

• не снимать горелки до спуска давления;

• пользоваться только тем горючим, для которого лампа предназначена;

• не спускать давление воздуха из резервуара лампы через наливную пробку;

• работать только исправной лампой.

Рабочее место должно быть обеспечено противопожарным инвентарём и огнетушителями. Рабочие должны уметь ими пользоваться при пожаре. Пролитую горючую жидкость необходимо немедленно убирать ветошью. Использованные обтирочные материалы хранить в специальных металлических

ящиках с плотно закрывающими крышками.

Монтаж кабельных линий

Отдельные вторичные устройства, расположенные в разных местах электроустановки, соединяют между собой контрольными кабелями. Контрольный кабель представляет собой несколько изолированных проводов, скрученных вместе и снабжённых общей оболочкой и внешними защитными покровами. Оболочка защищает заключённые в неё провода от проникновения влаги, а внешние покровы служат для защиты от механических повреждений и разрушающего воздействия окружающей среды на оболочку. Контрольные кабели используют для присоединения к электрическим приборам, аппаратам и сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным напряжением переменного тока до 660 В, частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1 000 В.

Контрольные кабели прокладывают вне зданий: непосредственно в земле и в кабельных канализациях (туннелях, каналах, блоках) и в зданиях (в туннелях, каналах или в производственных помещениях).

В настоящее время широкое распространение получила прокладка кабелей в самонесущих коробах, устанавливаемых непосредственно на колоннах зданий.

Небронированные кабели крепятся к стенам конструкций с помощью специального крепления. Наиболее широко применяются крепления, не требующие сверления или пробивки большого числа отверстий. К ним относятся прокладки по стальным полосам и струнам непосредственно по основаниям, а также приклеивание.

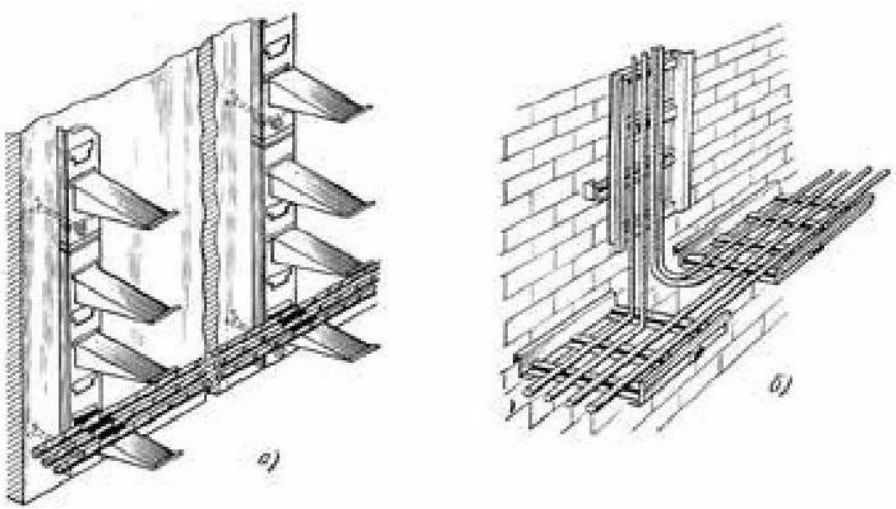


Рис. 41. Прокладка контрольных кабелей:
а – на сборных кабельных конструкциях, ***б*** – на лотках.

При большом объёме работ производится механизированная прокладка контрольных кабелей с помощью механизмов тяжения кабелей, раскаточных роликов (линейных и угловых), домкратов для установки барабанов с кабелем.

Прокладка ***силовых кабелей*** производится по ***трассовым кабельным линиям*** и ***в сооружениях***.

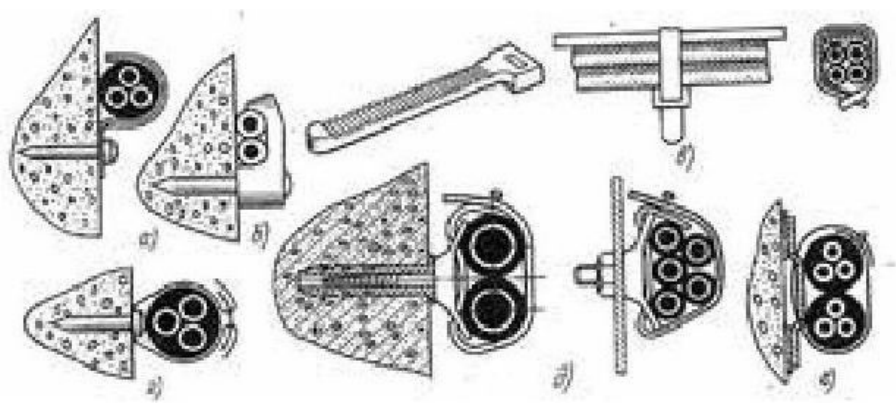


Рис. 42. Крепление небронированных кабелей:
а – металлической скобой, ***б*** – пластмассовой скобой, ***в*** – зубчатой полоской-пряжкой к несущей полосе, ***г*** – металлической полоской с пряжкой, ***д*** – на пластмассовом закрепе перфорированной лентой с кнопкой, ***е*** – перфорированной лентой с кнопкой к стальной приклеенной скобе.

Разбивку трасс кабельных линий производят представители проектных организаций, а рытьё траншей механизированным

способом – подрядная организация под наблюдением монтажников – субподрядчиков.

Трассу прокладывают с учётом нормативных расстояний до подземных и наземных объектов.

Механизированную прокладку кабелей в траншеях осуществляют двумя способами: укладкой кабеля сверху с движущихся транспортных средств и тяжением кабеля вдоль траншеи.

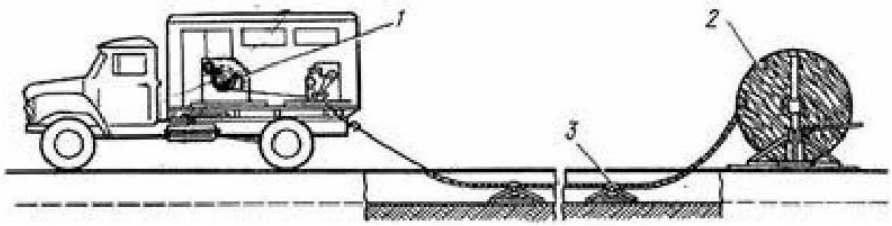


Рис. 43. Прокладка кабеля тяжением в траншею:
1 – лебёдка, ***2*** – барабан, ***3*** – линейный ролик в траншее.

При прокладке кабеля с подвижных средств начальный участок кабеля временно закрепляют в траншее. Впоследствии кабель удерживается от смещения при укладке под действием сил трения. В процессе раскатки кабеля монтажники перемещаются по траншее, принимают кабель и укладывают его на дно траншеи на подсыпку толщиной 100 мм из чистого песка или просеянной сухой земли. Скорость раскатки должна быть 0,6–1 км / ч.

При протягивании кабеля вдоль траншеи его раскатывают с неподвижного барабана, вращающегося в специальных кабельных домкратах.

Концы кабелей в траншее для монтажа соединительных муфт укладывают внахлёст на длине около 1 м. соседние муфты смещают по длине траншеи на расстояние не менее 2 м, располагая их в шахматном порядке. После монтажа муфт кабельную линию маркируют.

Бирки с маркировкой устанавливают на концы кабельной линии и через каждые 20 м по её длине, а также на расстоянии 100 мм от каждой муфты. На кабельных бирках указывают напряжение и сечение жил кабеля, номер и назначение (наименование) линии. На бирках около муфт обозначают номер муфты, дату её монтажа и фамилию монтажника-исполнителя.

Кабельную линию осматривают на всём протяжении, контролируют все нормированные расстояния и устраняют замеченные дефекты. Затем кабельную линию засыпают слоем мягкой просеянной земли или песка толщиной 100 мм.

Кабели напряжением до 1кВ защищают от возможных

механических повреждений при раскопках. Для этого кабели на участках, где повреждение возможно, покрывают сплошь железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм или слоем кирпича, укладываемого вплотную друг к другу на его бóльшую плоскость. Ширина слоя зависит от числа совместно проложенных кабелей.

На кабельную линию составляют акт на скрытые работы и исполнительный чертёж. На чертеже указывают направления прямых участков и углы поворота линии, места расположения муфт на трассе, расстояние от них до местных ориентиров.

Прокладка кабелей в сооружениях осуществляется тяжением с применением вспомогательных средств механизации, которые устанавливаются на распорных штангах, винтовых зажимах и т. п.

В качестве тяговых средств применяют те же машины и механизмы, что и при раскатке кабелей в траншеях. При прокладке кабелей большого сечения применяют электроприводы.

При сращивании проводов и кабелей выполняют их оконцевание (приложение 1). Иногда при сращивании проводов оконцевание не производят (приложение 2). Выбор способа оконцевания определяется различными факторами, основными из которых являются конструкция выводов аппаратов и приборов, наборных зажимов и других контактных элементов, к которым должны присоединяться провода, материал и сечение токопроводящих жил. Перед оконцеванием необходимо произвести зачистку изоляции провода.

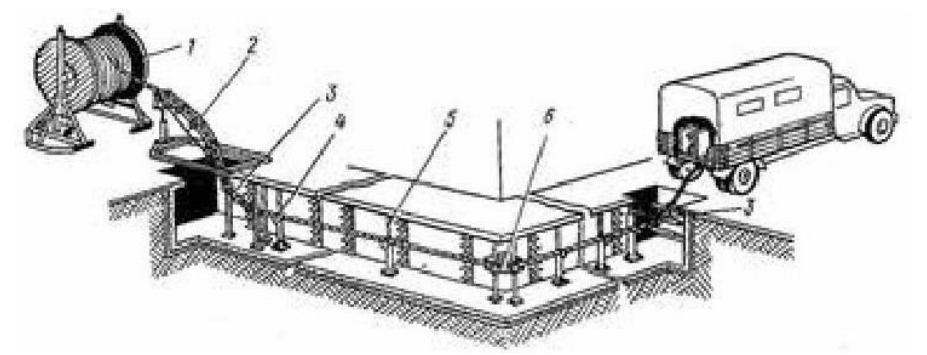


Рис. 44. Прокладка кабеля тяжением в туннель:

1 – барабан, ***2*** – верхнее обводное устройство, ***3*** – нижнее обводное устройство, ***4*** – линейный ролик, ***5*** – распорная стойка, ***6*** – угловой ролик.

Процесс оконцевания и подключения проводов и жил контрольных кабелей включает следующие операции:

• отмеривание участка провода под разделку;
• снятие изоляции с этого участка провода;
• зачистку провода после снятия изоляции;
• оформление места разделки (переход от изолированной части к участку, с которого изоляция снята);
• оформление зачищенного от изоляции участка провода в соответствии с видом зажима, к которому он должен подключаться, и конструкцией токопроводящей жилы;
• установку маркировочных деталей;
• подключение провода к зажиму;
• проверку надёжности контактного соединения.

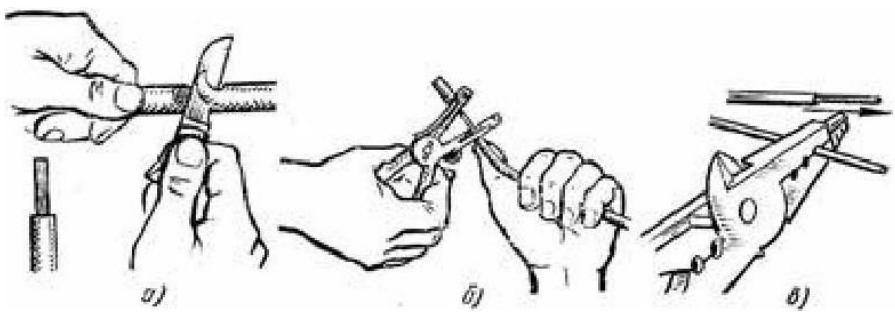


Рис. 45. Зачистка изоляции провода:
а – ножом, ***б*** – клещами КСИ, ***в*** – клещами КУ-1.

При коммутации проводов и контрольных кабелей применяют разнообразные контактные элементы: наборные зажимы марки КН с оформлением отключаемого провода колечком и КНБ, для которых не требуется изгибать колечком подключаемый провод; специальные КС и КСК, снабжённые дополнительными винтами и перемычками для соединения смежных зажимов; испытательные, устанавливаемые в цепи трансформаторов тока и позволяющие включать в токовую цепь измерительные приборы без её разрыва. Кольцевой наконечник используют для оконцевания многопроволочных медных и однопроволочных алюминиевых проводов. Для оконцевания медных жил кабелей служат наконечники серии П, напаиваемые на жилы, и трубчатые ТМ, которые спрессовывают на жиле. Для алюминиевых жил выпускают спрессовываемые трубчатые алюминиевые наконечники ТА и ТАМ (медно-алюминиевые). Медные гильзы ГМ, алюминиевые ГА и ГАО служат для соединения между собой медных и алюминиевых проводов соответственно. Оконцевание проводов выполняется в виде прямого участка токопроводящей жилы пестиком, колечком и наконечниками.

Выбранный вид оконцевания влияет на характер выполнения

перечисленных операций. Конструкцию токопроводящей жилы (материал, сечение, число проволок) также необходимо учитывать при оконцевании провода.

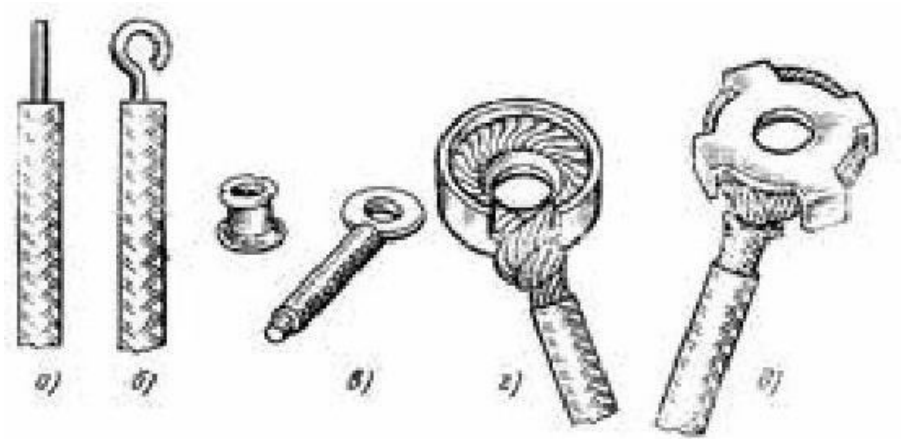


Рис. 46. Оконцевание провода:

а – пестиком, ***б*** – колечком, ***в*** – блочным наконечником, ***г*** – ограничивающей шайбой, ***д*** – шайбой-звёздочкой.

Все провода и жилы контрольных кабелей, подключённые к зажимам сборок, аппаратов и приборов должны иметь маркировку, т. е. условные обозначения, перенесённые со схем соединения и подключения, по которым можно определить назначение этих проводов. Маркировку наносят на специальные маркировочные детали.

При использовании маркировочных бирок условные обозначения наносят тушью на вкладыше из плотной бумаги, вставляемом в пазы бирки и покрытом цапонлаком. На пластмассовые бирки маркировку наносят масляной краской, на отрезки поливинилхлоридных трубок – несмываемыми специальными чернилами. Для проводов с пластмассовой изоляцией наружным диаметром более 4 мм маркировку наносят на жилы проводов у места их подключения к зажимам.

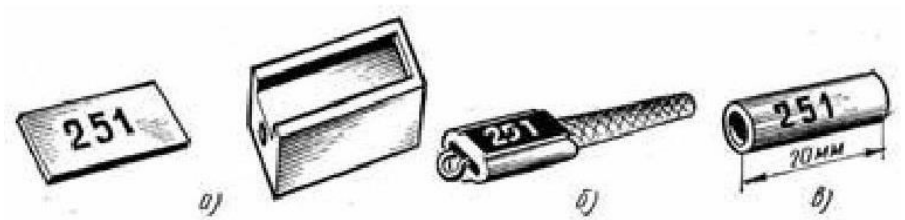


Рис. 47. Маркировочные бирки:

а – с вкладышем, ***б*** – пластмассовая цельная, ***в*** – из поливинилхлоридной трубки.

При монтаже силовых кабелей выполняются их концевые заделки для последующего соединения в муфтах. При производстве работ применяют: свинцовые соединительные муфты, чугунные муфты, эпоксидные соединительные муфты типа СЭП и другие.

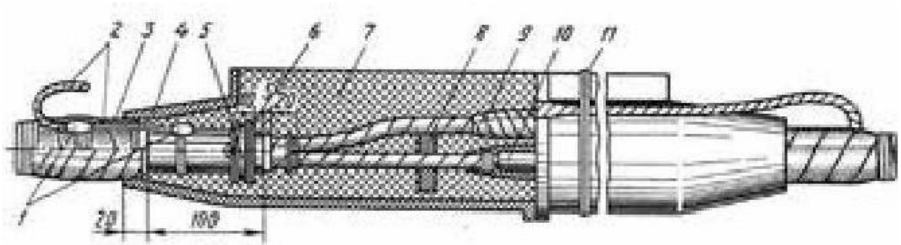


Рис. 48. Эпоксидная соединительная муфта типа СЭПу силовых кабелей:

1 – бандаж провода заземления, ***2*** – провод заземления, ***3*** – герметизирующая подмотка, ***4*** – корпус, ***5*** – резиновое уплотнительное кольцо, ***6*** – металлический бандаж (разрезная гильза), ***7*** – компаунд, ***8*** – распорная звёздочка, ***9*** – подмотка жилы, ***10*** – соединительная гильза, ***11*** – бандаж из проволоки.

В зависимости от условий применяют разнообразные концевые заделки кабелей.

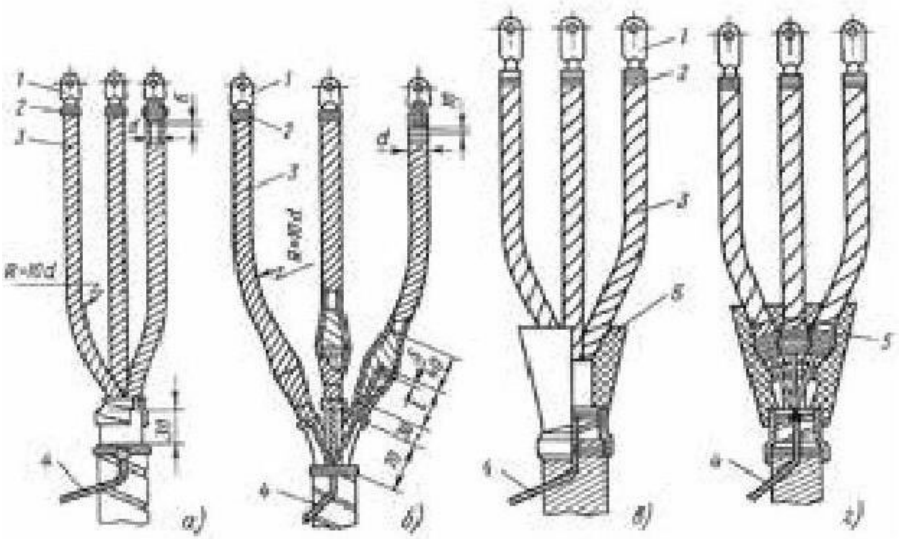


Рис. 49. Концевые заделки для кабелейс пластмассовой изоляцией:

а – типа ПКВ на напряжение до 1кВ, ***б*** – типа ПКВ нанапряжение 10кВ, ***в*** – типа ПКВэ на напряжение до 1кВ, ***г*** – типа

ПКВэ на напряжение 10кВ; *1 – наконечник, 2 – бандаж из суровых ниток, 3 – подмотка липкой поливинилхлоридной лентой, 4 – провод заземления, 5 – конусная подводка с экраном, 6 – эпоксидный корпус.*

Электрические машины

Электрические машины подразделяются на машины постоянного тока и машины переменного тока. К ним относятся электродвигатели и генераторы. Одна и та же ***машина постоянного тока*** в принципе может работать и как генератор, и как двигатель. Это свойство машины постоянного тока называемое обратимостью, даёт возможность не рассматривать отдельно устройство генератора или двигателя.

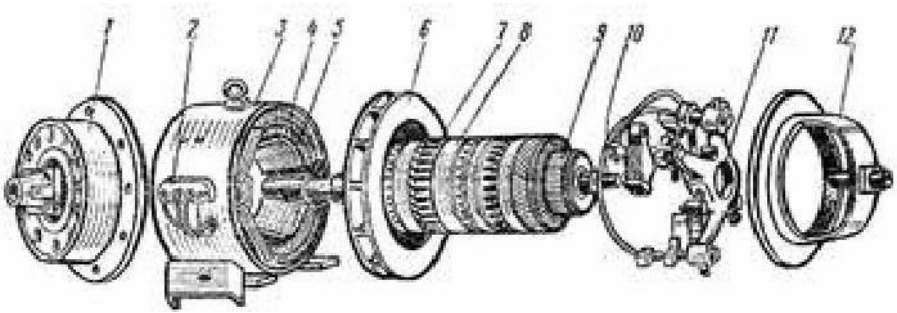


Рис. 50. Устройство машины постоянного тока:
1 – задний подшипниковый щит, 2 – зажимы, 3 – станина, 4 – главный полюс, 5 – обмотка главногополюса, 6 – вентилятор, 7 – обмотка якоря, 8 – сердечник якоря, 9 – коллектор, 10 – вал, 11 – траверса со щёточным механизмом, 12 – передний подшипниковый щит.

Генераторы постоянного тока применяют тогда, когда требуется самостоятельный источник тока: для питания некоторых видов электромагнитов, электромагнитных муфт, электродвигателей, электролизных ванн, сварочных установок и т. п.

Электродвигатели постоянного тока применяют в тех случаях, когда требуется плавная регулировка скорости: в троллейбусах, электровозах, некоторых типах подъёмных кранов, в устройствах автоматики.

Машины постоянного тока различают по способу возбуждения.

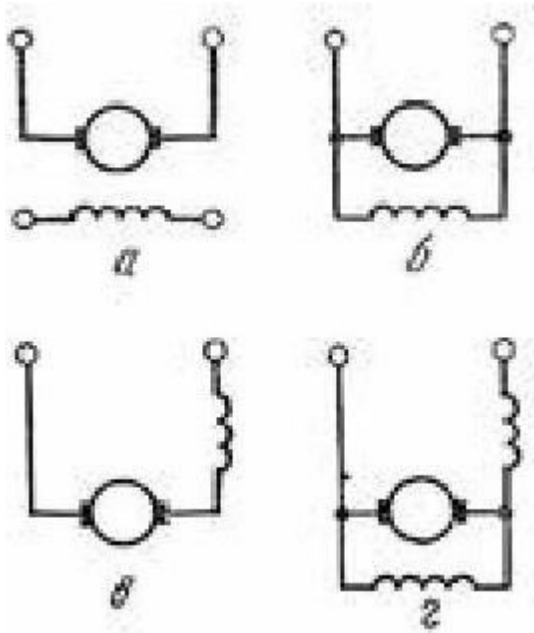


Рис. 51. Схемы машин постоянного тока:
(пусковые и регулировочные реостаты не показаны):
***а** – с независимым возбуждением, **б** – с параллельным возбуждением, **в** – с последовательным возбуждением, **г** – со смешанным возбуждением.*

В машинах с ***независимым возбуждением*** обмотка возбуждения питается от постоянного источника тока. Если обмотка возбуждения получает питание от зажимов якоря и присоединена к ним параллельно, то такую машину называют машиной с ***параллельным возбуждением***. Подобную же машину, но с последовательным соединением обмотки возбуждения с зажимами якоря называют машиной с ***последовательным возбуждением***. В машинах со ***смешанным возбуждением*** имеются две обмотки возбуждения, одна из которых соединена с зажимами якоря последовательно, а другая параллельно. Характеристики машины постоянного тока показывают её рабочие свойства. Характеристику генератора, выражающую зависимость между напряжением на его зажимах и силой тока в обмотке якоря, называют **внешней характеристикой.**

Характеристики двигателей постоянного тока выражают также зависимость вращающего момента от силы тока в обмотке якоря и частоты вращения от вращающего момента. Такая характеристика называется **механической характеристикой** двигателя.

Эти характеристики показывают, что в зависимости от

способа питания обмотки возбуждения можно в широких пределах регулировать значение вращающего момента и частоту вращения двигателя постоянного тока.

В связи с автоматизацией производства и развитием электрифицированного транспорта возникла потребность в специальных машинах постоянного тока. В системах автоматического управления и регулирования применяют ***исполнительные двигатели***. Они предназначены для преобразования электрического сигнала в механическое перемещение, например во вращение вала. В качестве исполнительных двигателей применяют двигатели постоянного тока с **печатной обмоткой якоря**. В последние годы применяют машины постоянного тока с **гладким якорем**. Его обмотка расположена не в пазах, а непосредственно на сердечнике. Эти машины имеют улучшенные характеристики, что обеспечивается меньшей индуктивностью обмотки якоря и повышенной магнитной индукцией в воздушном зазоре между якорем и статором.

На различных видах электрифицированного транспорта применяют ***тяговые электрические двигатели***. Эти двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением. Такие двигатели работают в условиях частого пуска, резких изменений напряжений, силы тока, частоты вращения, поэтому они должны обладать большим пусковым вращающим моментом и возможностью регулирования в широких пределах частоты вращения. Это обусловливает особенности конструкции тяговых двигателей в отличие от электрических машин общего назначения.

Принцип обратимости распространяется не только на машины постоянного тока, но и на машины переменного тока, которые бывают **синхронными** или **асинхронными**.

Синхронные электрические машины применяют главным образом в качестве генераторов.

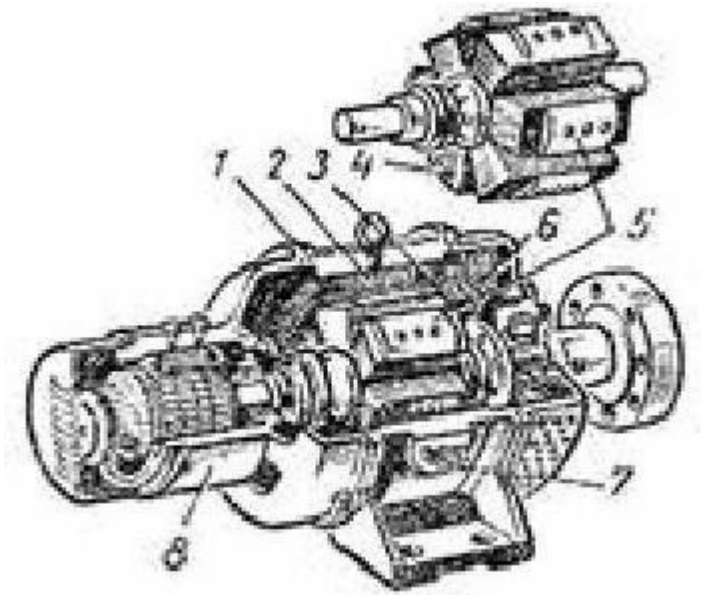


Рис. 52. Устройство трёхфазного синхронного генератора: *1 – корпус, 2 – стальной цилиндр, 3 – обмотка статора, 4 – обмотка ротора, 5 – полюсы ротора, 6 – вентилятор, 7 – зажимы обмотки статора, 8 – генератор постоянного тока, предназначенный для питания обмотки ротора.*

При вращении ротора, который является электромагнитом, в обмотке статора будет индуцироваться переменная электродвижущая сила. Это явление лежит в основе устройства однофазного генератора переменного тока. Если обмотку статора сделать многофазной, то можно получить **трёхфазную систему переменного тока**.

Синхронные машины применяют в качестве электрических двигателей, особенно в установках мощностью свыше 50 кВт. Для работы синхронной машины в режиме двигателя обмотку статора подключают к трёхфазной сети, а обмотку ротора – к источнику постоянного тока.

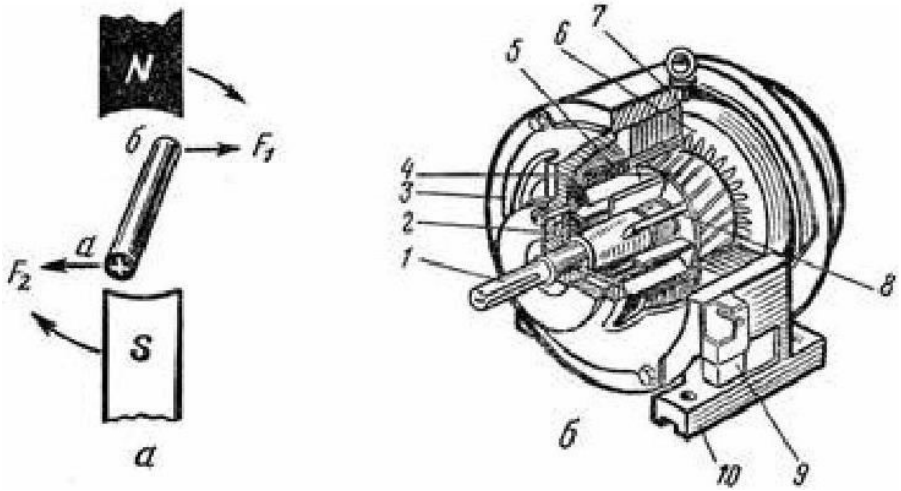


Рис. 53. Трёхфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором:

а *– схема, поясняющая принцип действияасинхронного электродвигателя,* ***б*** *– устройство электродвигателя; 1 – вал, 2 – шариковый подшипник, 3 – подшипниковый щит, 4 – ротор, 5 – обмотка статора, 6 – сердечникстатора, 7 – станина, 8 – лопастивентилятора, 9 – коробка с зажимами, 10 – лапа с отверстиями для крепленияадвигателя к фундаменту.*

Асинхронные машины используют в основном в качестве электрических двигателей и крайне редко в качестве генераторов.

В ***асинхронном трёхфазном двигателе с короткозамкнутым ротором*** вращающееся магнитное поле создаётся в результате прохождения тока по трём фазам обмотки статора, расположенным под углом 120° по отношению друг к другу. Ротор у данного двигателя короткозамкнутый. Трёхфазные асинхронные электрические двигатели широко применяют в промышленности для приведения в действие станков, машин и механизмов. Но такие двигатели имеют ряд недостатков: невозможность плавного регулирования частоты вращения, большой пусковой ток и др. этих недостатков можно избежать, если вместо короткозамкнутого ротора применить ***фазный ротор***.

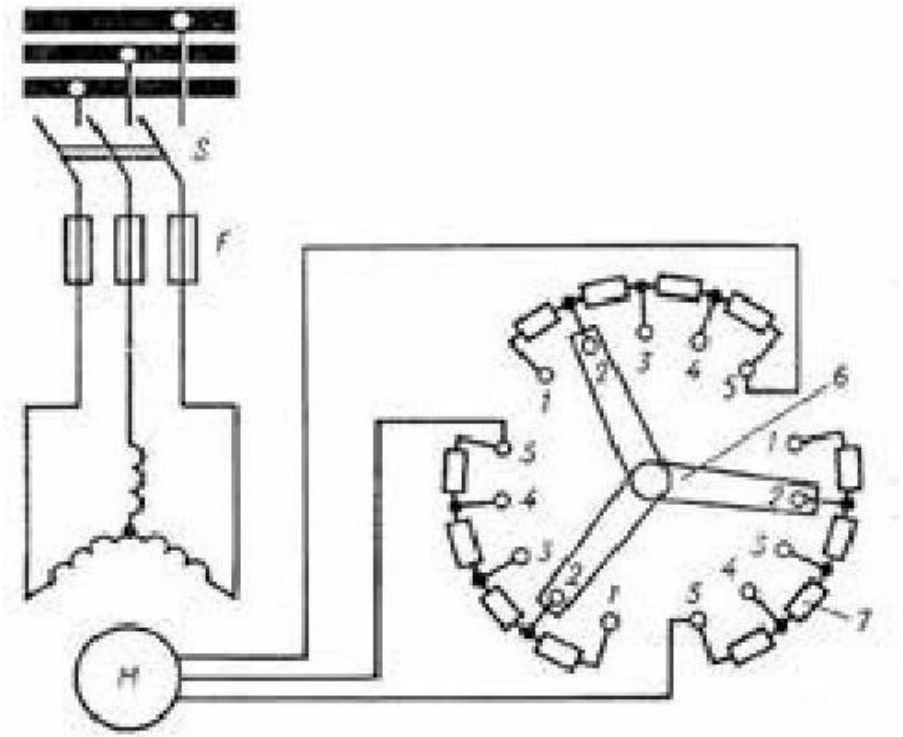


Рис. 54. Схема пуска трёхфазного асинхронного двигателя с фазным ротором:

1, 2, 3, 4, 5 – контакты, 6 – переключатель, 7 – резистор (реостат).

Для пуска *асинхронного электродвигателя с фазным ротором* щётки соединяют с пусковыми или регулировочными реостатами, которые уменьшают пусковой ток, т. к. благодаря ним увеличивается общее сопротивление обмотки ротора.

Реостаты используют также для плавного регулирования частоты вращения двигателя и изменения других рабочих характеристик.

Ремонт электрических машин

Ремонт электрических машин почти всегда связан с их полной или частичной обмоткой. На разборку, сборку и регулировку машин затрачивается много времени, поэтому для уменьшения времени простоя машин в ремонте и повышения производительности труда необходима чёткая организация и максимальная механизация сборочно-разборочных работ. Время пребывания машины в ремонте, стоимость ремонта и его качество во многом зависит от точности определения характера неисправности.

Ненормальная работа машины и выход её из строя могут быть вызваны разными причинами. К ним относятся: обрыв одного или нескольких проводов питающей сети, перегорание плавких вставок предохранителей, неисправность пусковой аппаратуры, повышенное или пониженное напряжение питающей сети, перегрузка машины, высокая температура окружающей среды.

В самой машине различают неисправности обмоток и механической части. В обмотках встречаются следующие неисправности: пробой изоляции на корпус, витковые замыкания, обрыв проводов и мест паек, распайка соединений, неправильные соединения катушек. К механическим неисправностям относятся: износ и разрушение подшипников, износ посадочных поверхностей на валу, в щите и корпусе, ослабление крепления полюсов, разрушение бандажей на обмотках роторов, появление трещин в щитах, изгиб и поломка валов.

При поступлении в ремонт электродвигателей их испытывают на холостом ходу и под нагрузкой. При испытании можно выявить некоторые характерные неисправности обмоток. Если двигатель не запускается и издаёт ненормальный гул, значит, мог произойти обрыв проводов статорной обмотки или фазового ротора. Его обнаруживают с помощью ***мегаомметра***.

Иногда двигатель плохо разворачивается и создаёт сильный гул, токи во всех трёх фазах различны и превышают нормальное значение даже при холостом ходе, предохранители перегорают. Эта неисправность является следствием неправильного соединения фаз обмотки статора.

Исправный электродвигатель при работе может издавать шум, который возникает вследствие вибрации его частей. Механический шум связан с работой подшипников, свистящий звук указывает на отсутствие смазки, скрежет служит признаком наличия твёрдых частиц в смазке (смазка загрязнена), может

происходить задевание вала за крышки подшипников. Стук в подшипниках возникает при большом износе подшипников скольжения и разрушении шариков или роликов, или поверхности беговых дорожек в кольцах подшипников качения.

Ремонт коллекторов

Характерные неисправности машин постоянного тока обычно связаны с состоянием поверхности коллектора и токосъёмного устройства. Наиболее часто встречающийся дефект – искрение всех или части щёток, иногда сопровождающееся сильным нагревом коллектора и щёток. Причинами этого явления могут быть:

• неправильная установка щёток (траверса повёрнута относительно заводских меток); • плохое состояние щёток (обгары, облом краёв щёток, плохое прилегание их к поверхности коллектора);

• износ боковых граней или заедание щётки в обойме щёткодержателя;

• слабое закрепление и вибрация щёточного брикета;

• слабое или слишком сильное, или неодинаковое прижатие щёток к коллектору;

• биение коллектора или выступание над его поверхностью изоляции или отдельных коллекторных пластин.

Замыкание между пластинами коллектора может произойти в результате наличия щёточной пыли между пластинами и заусенцев на них.

Состояние поверхности коллектора влияет на работу машины, поэтому при ремонте его тщательно осматривают. На рабочей поверхности исправного коллектора не должно быть выбоин, пятен лака, глубоких рисок, нагара в результате искрения под щётками.

Промежутки между пластинами должны быть совершенно чистыми (без металлической стружки или опилок, пыли, кусочков графита от щёток, масло, лака, канифоли и т. д.). Изоляция между пластинами не должна выступать над рабочей поверхностью коллектора – должна быть продорожена.

В результате вибрации машины на поверхности коллектора могут появляться отдельные участки более тёмного цвета без чётких контуров. В этом случае следует определить и устранить механическую неисправность, которая вызвала ненормальную работу скользящего контакта, а коллектор прошлифовать.

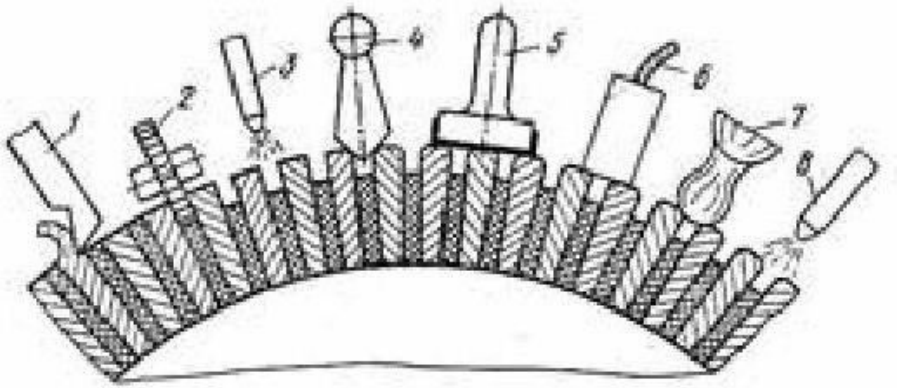


Рис. 55. Последовательность операций при обработкерабочей поверхности коллектора:

1 – обточка, 2 – продороживание, 3 – продувка сжатым воздухом, 4 – снятие фасок, 5 – шлифовка и полировка, 6 – притирка щёток, 7 – чистка ветошью, 8 – повторная продувка сжатым воздухом.

Искрение щёток зависит от состояния коллектора и токосъёмного устройства. Степень искрения оценивается по искрению под сбегающим краям щётки и указывается в ТУ (технические условия) на конкретные виды машин.

Надёжные контакт между щёткой и коллектором и минимальные их износы обеспечиваются при оптимальном нажатии на щётку. Недостаточное нажатие приводит к сильному искрению и ускоренному износу коллектора и щёток. Слишком сильное нажатие увеличивает силу трения в скользящем контакте и тоже увеличивает износ.

При капитальном ремонте коллекторов с креплением нажимными кольцами обычно заменяют пластины или ликвидируют внутренние замыкания.

Уход за подшипниками качения

Подшипники в эксплуатации систематически контролируют внешним осмотром по нагреву, шуму и вибрации. Повышенный нагрев подшипника может быть вызван его загрязнением, избытком или отсутствием смазки, задеванием вращающихся деталей о неподвижные, чрезмерным износом или разрушением подшипника.

По характеру шумов и стуков в подшипнике при известном навыке можно определить его состояние. Свист и резкий звенящий шум происходит при отсутствии смазки или защемлении тел качения. Гремящий шум (частые звонкие стуки) указывает на появление язвин на рабочих поверхностях или попадание в подшипник абразивной пыли. При ослаблении посадки подшипника появляются глухие удары.

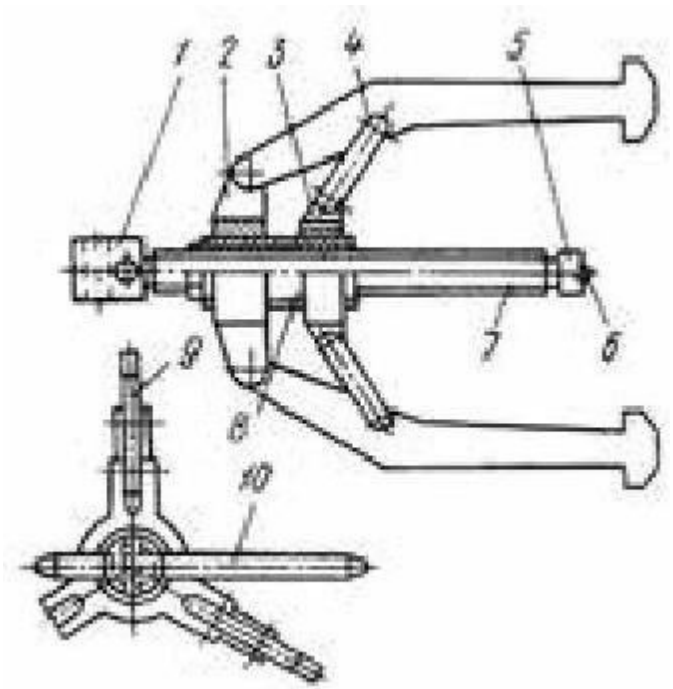


Рис. 56. Универсальный винтовой съёмник:

1 – головка винта, 2 – траверса, 3 – гайка, 4 – планка, 5 – колпачок, 6 – шарик, 7 – винт, 8 – гайка, 9 – тяга, 10 – рычаг.

Из-за износа недостаточной эффективности уплотняющих устройств или избытка смазки может происходить её выброс из подшипника. Недостаток или избыток смазки, неправильный

выбор её марки приводит к преждевременному износу подшипника. Надёжная работа подшипника зависит и от правильной закладки смазки. Все щёли в уплотнениях и жировые канавки должны быть заполнены смазкой при сборке машины. Смазка нагнетается шприцем через шариковую пресс-маслёнку.

При разборке машины подшипники качения снимают с вала для их замены или когда они мешают демонтажу других частей ротора. Для этого используют ***съёмники***.

Уход за подшипниками скольжения

Подшипника скольжения средних и крупных машин требуют повседневного контроля температуры нагрева, уровня масла, вибрации и зазора между **вкладышем** и **цапфой**. О температуре подшипника судят по температуре масла, которую замеряют термометром, опущенным в масляную камеру стояка; она должна быть не более 80 °С. Масло холоднее вкладыша на 5–10 °С. В машинах с принудительной смазкой температура масла в месте его вытекания из подшипника не должна превышать 65 °С.

При осмотре подшипников с кольцевой смазкой открывают крышку и проверяют подачу смазки. Кольцо должно подавать в прорезь непрерывную струю масла.

Для смазки подшипников надо всегда применять масло, рекомендованное заводом-изготовителем машины. Вязкость масла должна быть такой, чтобы создать необходимое давление в смазочном слое.

Если приходится добавлять масло чаще одного раза в месяц, то это свидетельствует об его утечке, которая опасна для машины. Масло разрушает изоляцию обмоток и нарушает скользящий контакт, вызывая повышенное искрение щёток. Частой причиной утечки масла является плохое уплотнение спускной пробки. Выброс масла внутрь машины может произойти при выработке торцовой поверхности вкладыша маслосбрасывающими кольцевыми буртиками вала.

При замене масла его выливают в противень, который ставят под спускное отверстие. Подшипник промывают сначала керосином, затем маслом, чтобы удалить остатки керосина.

Износ подшипников вызывает увеличение силы магнитного притяжения ротора к статору, при этом растут нагрузки на подшипник, что в свою очередь делает износ более интенсивным.

Демонтаж подшипников скольжения в отличие от подшипников качения не требует каких-либо приспособлений. Подшипники скольжения подлежат ремонту или замене при значительном износе внутренних рабочих поверхностей вкладышей и торцов, растрескивании, выкрошивании, отслаивании и подплавлении заливки.

Испытания электрических машин после ремонта

Контроль качества выходящих из ремонта машин во многом определяет их надёжность при дальнейшей эксплуатации. Послеремонтные испытания максимально приближены к требованиям стандарта на новые электрические машины. Установлены два вида испытаний после капитального ремонта: ***приёмно-сдаточный*** и ***типовой***.

Приёмно-сдаточные испытания включают обязательную программу для всех типов машин: измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками; измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии; испытание изоляции относительно корпуса и между обмотками и между витковой изоляции обмоток переменного тока на электрическую прочность. Кроме этого у машин постоянного тока проверяют механическую точность при повышенной частоте вращения, определяют ток возбуждения, проверяют номинальные данные, коммутацию. Синхронные машины проходят проверку при повышенной частоте вращения, у них снимают характеристику холостого хода и определяют ток короткого замыкания. У асинхронных машин определяют коэффициент трансформации, ток, потери холостого хода и короткого замыкания.

Типовые испытания после ремонта проводят только тогда, когда изменение паспортных данных может вызвать изменение характеристик машины.

Испытание сопротивления и проверка электрической прочности изоляции относительно корпуса и между обмотками являются важнейшими испытаниями, после которых может быть принято решение о возможности включения машины на рабочее напряжение.

Сопротивления изоляции измеряют **мегаомметрами** поочерёдно у каждой обмотки, соединяя остальные обмотки к корпусом машины. Каждую обмотку после испытания разряжают на корпус, чтобы снять остаточное напряжение. Минимально допустимое сопротивление изоляции для электродвигателей переменного тока напряжением до 1000В должно быть в холодном состоянии не менее 5 Мом.

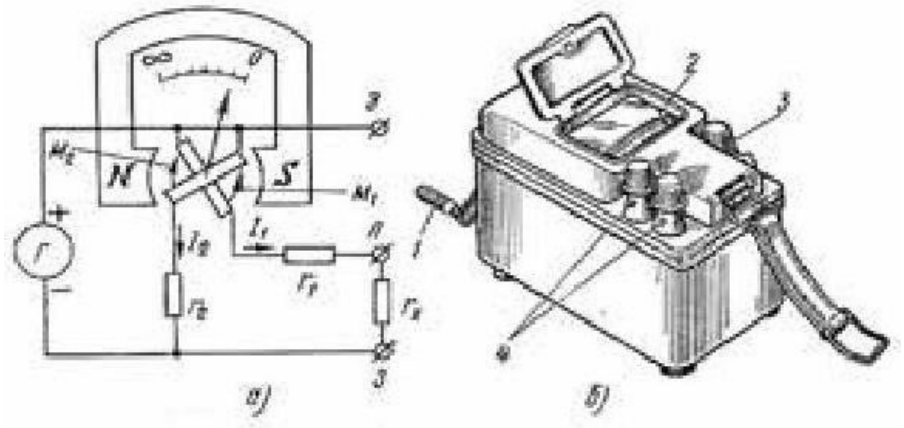


Рис. 57. Мегомметр:

а *– схема; N и S – полюса подковообразного постоянного магнита, Э – зажим корпуса машины, Л – зажим «Линия», З – зажим «Земля», М1 и М2 вращающие моменты, поворачивающие подвижную систему вокруг оси, Г – генератор, r1 и r2 – постоянные резисторы, rx – измеряемое сопротивление, I1 и I2 – токи, создающие вращательные моменты.*

б *– внешний вид; 1 – рукоятка приводагенератора, 2 – шкала со стрелкой, 3 – круглая ручка переключения пределов измерения, 4 – зажимы.*

Мегомметр предназначен для измерений больших сопротивлений. Его измерительное устройство представляет собой магнитоэлектрический логометр, который состоит из двух скреплённых вместе и сидящих на одной оси со стрелкой катушек.

Электрическую прочность изоляции проверяют синусоидальным напряжением частоты 50Гц в течение 1 мин.

После текущего ремонта электрических машин для проверки электрической прочности изоляции берут равным 80 % напряжения, которым испытывают новые и капитально отремонтированные машины.

Испытание межвитковой изоляции обмоток производится повышением напряжения на 30 % сверх номинального значения в течение трёх минут на холостом ходу машины.

Сопротивление обмоток при постоянном токе измеряют с помощью одинарных или двойных мостов постоянного тока или методом амперметра и вольтметра. Этот метод обеспечивает высокую точность измерений при условии применения приборов соответствующего класса. Он основан на использовании закона Ома для участка цепи, являющегося измеряемым сопротивлением r_x, значение которого определяется по известному падению

напряжения на нём U_x току I_x / r_x = U_x / I_x.

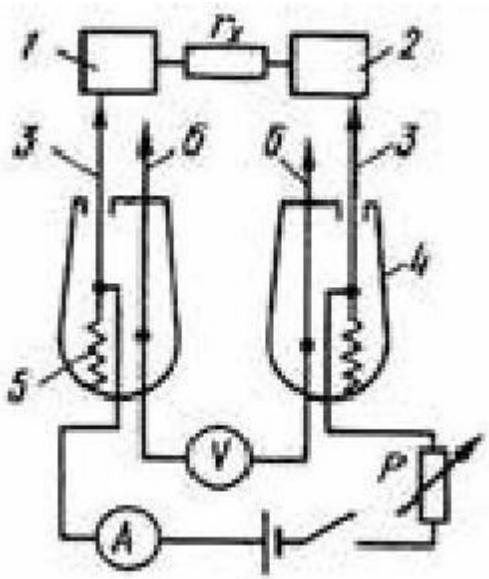


Рис. 58. Схема измерения сопротивлений соединёнными щупами методом амперметра и вольтметра:

1, 2 – пластины, 3 – выдвигающиеся иглы щупов, 4 – рукоятка изоляционного корпуса, 5 – спиральная пружина, 6 – жёстко закреплённые иглы щупов; V – милливольтметр, A – амперметр, P – реостат.

Температуру обмоток и других частей электрической машины в отдельных точках, а так же температуру охлаждающегося воздуха измеряют термометрами расширения (ртутными и спиртовыми), термопарами и терморезисторами.

Электроизмерительные приборы

Измерить какую-либо величину – это значит сравнить её с другой однородной величиной, принятой за единицу измерения. Число, полученное при сравнении, называют численным значением измеряемой величины.

Устройство, предназначенное для сравнения величины с её единицей, называют измерительным прибором.

Электроизмерительные приборы служат для измерения электрических величин: силы тока, напряжения, сопротивления, мощности, работы (энергии) тока и др. С их помощью и присоединённых к ним дополнительных устройств измеряют также и неэлектрические величины, например температуру, давление и т. д.

Электроизмерительные приборы классифицируют по ряду признаков: назначению – амперметры, вольтметры, омметры, частотомеры и т. д.; роду измеряемого тока – постоянный, переменный; принципу действия – магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические и индукционные; классу точности; условиям эксплуатации др. По способу применения и в зависимости от конструкции электроизмерительные приборы делятся на щитовые (панельные), переносные и стационарные.

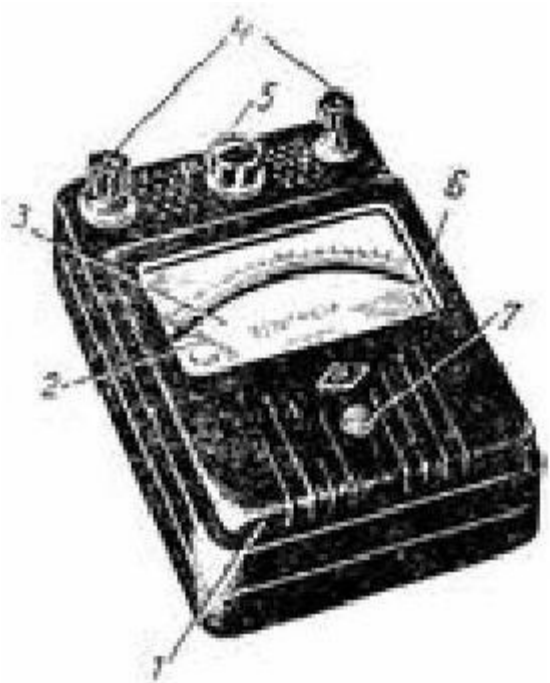


Рис. 59. Электроизмерительный прибор:
1 – корпус, 2 – указательная стрелка, 3 – шкала, 4 – зажимы, 5 – переключатель пределов измерения, 6 – ограничитель.

К приборам **магнитоэлектрической системы** относятся ***амперметры***, предназначенные для измерения силы тока. Их можно применять и для устройства ***вольтметров*** (для измерения напряжения). Достоинство таких приборов: высокая точность измерения, равномерность шкалы; недостатки – невозможность измерять одним и тем же прибором постоянный и переменный токи, сравнительно высокая стоимость приборов.

Основными достоинствами приборов **электромагнитной системы**: простота устройства, относительно невысокая стоимость, пригодность для измерения постоянного и переменного токов, устойчивость к перегрузкам; недостатки – невысокая точность, неравномерность шкалы, зависимость точности показаний от влияния внешних магнитных полей, сравнительно большая потребность в электроэнергии.

Приборы **электродинамической системы** применяют для измерения мощности, силы тока и напряжения. Достоинством этих приборов является высокая точность, возможность измерения одним и тем же прибором постоянного и переменного токов. Основные недостатки – сравнительно высокая стоимость, зависимость точности показаний от влияния внешних магнитных полей, сравнительно малая устойчивость к перегрузкам.

К приборам индукционной системы относятся электросчётчики. Их принцип действия состоит на взаимодействии магнитных полей, создаваемых токами, проходящими по двум обмоткам, с магнитным полем тока, индуцируемого в алюминиевом диске, находящемся между этими обмотками.

Мощность электрического тока измеряют с помощью ваттметра.

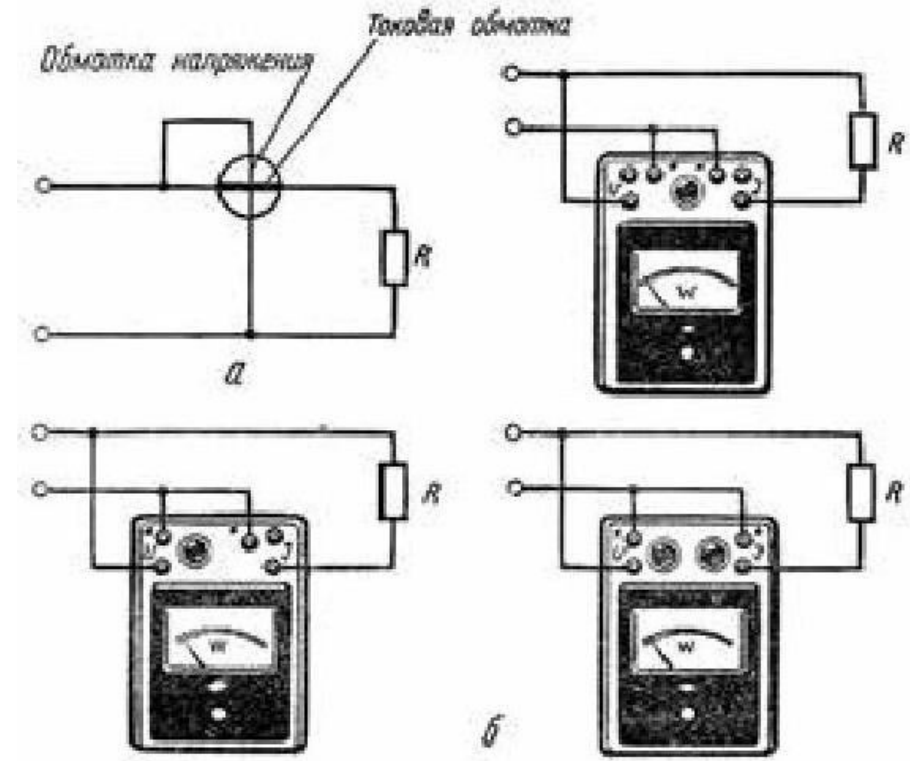


Рис. 60. Схемы включения ваттметров:

***а** – принципиальная схема, **б** – схемы включения ваттметров различных типов.*

Мощность в цепях постоянного тока, а так же в цепях переменного тока при отсутствии в них конденсаторов и электрических приёмников с обмотками (двигателей) можно измерить косвенным методом: с помощью амперметра и вольтметра.

Для непосредственного измерения электрического сопротивления применяют ***омметры*** и ***мегомметры***.

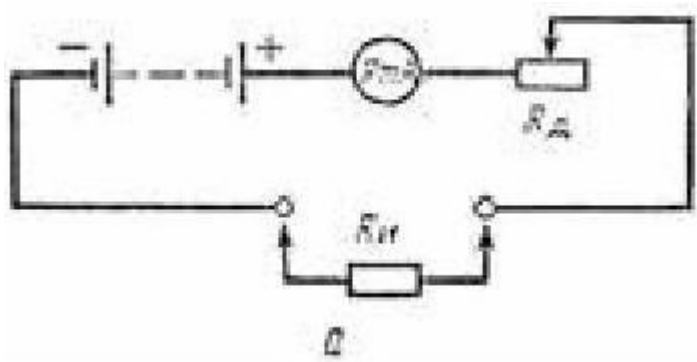


Рис. 61. Омметр:

***а** – схема простейшего омметра, **б** – карманный омметр; 1 – съёмная крышка, 2 – кнопка, 3 – зажимы, 4 – винт коррекции.*

В качестве измерительного прибора в омметре используют миллиамперметр магнитоэлектрической системы. Источником тока служит сухой гальванический элемент (батарея 3336Л), помещаемый внутри прибора. С помощью омметра можно определить неисправность электрической цепи (обрыв или короткое замыкание). В лабораторных условиях электрическое сопротивление измеряют с помощью более сложных приборов: **магазинов сопротивлений** и **измерительных мостов**.

Для измерения частоты переменного тока применяют ***частотомеры***. Они бывают электромагнитной, электродинамической, вибрационной и других систем.

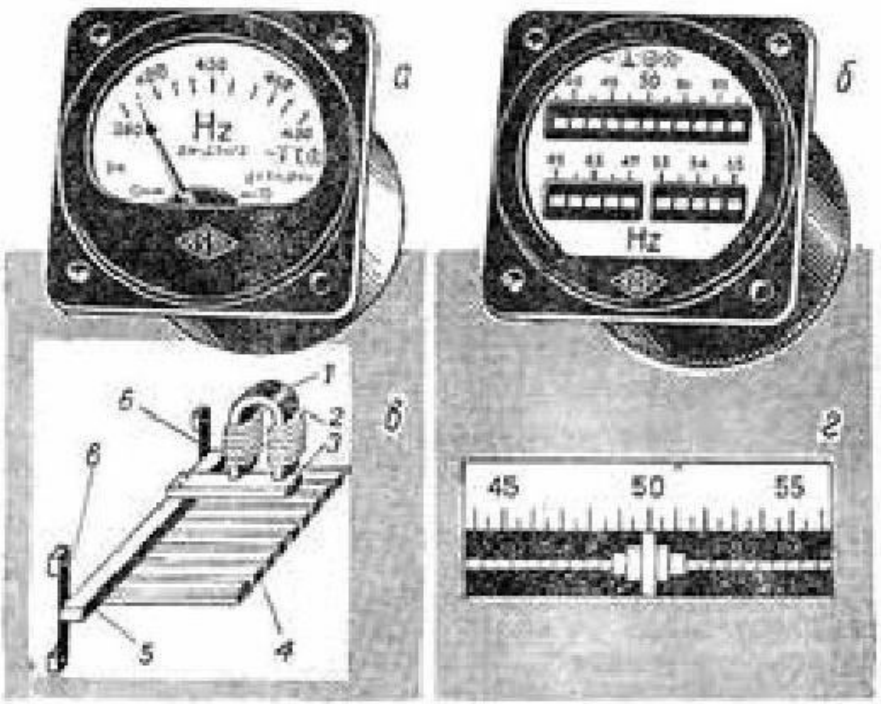


Рис. 62. Частотомер:

а *– стрелочный,* ***б*** *– вибрационный,* ***в*** *– схема, поясняющая действие частотомера вибрационной системы,* ***г*** *– часть шкалы частотомера вибрационной системы; 1 – постоянный магнит, 2 – обмотка, 3 – стальная пластина, 4 – гибкие стальные пружины пластинчатые, 5 – стальной брусок, 6 – плоские пружины.*

Широко применяют как стрелочные частотомеры, так и частотомеры вибрационного типа. Частотомеры включают в цепь параллельно.

Существует много различных комбинированных приборов: ампервольтомметр, вольтамперметр, ампервольтваттметр (***авометр***).

С помощью авометра производят: – измерение силы постоянного тока; – измерение силы переменного тока; – измерение напряжения постоянного тока; – измерение напряжения переменного тока; – измерение сопротивления.

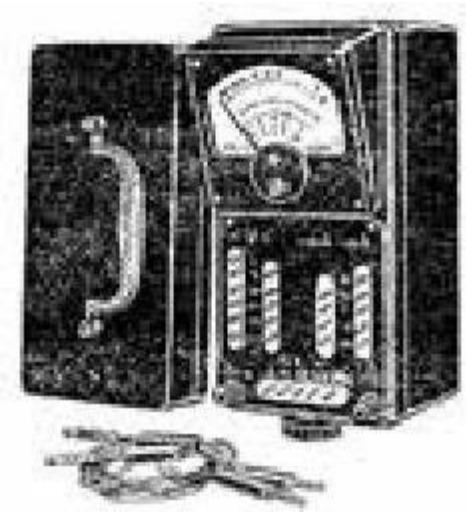


Рис. 63. Простейший авометр.

Приборостроительная промышленность выпускает приборы и установки, предназначенные для измерения самых различных величин. Большинство приборов показывают значение электрической величины, соответствующее моменту измерения. Эти приборы называют **показывающими**. Приборы, имеющие устройства для записи показаний измерения в виде диаграмм или в цифровой форме, называют **регистрирующими**. Они бывают самопишущими или печатающими. Приборы, показывающие суммарное значение изменяемой величины за определённый промежуток времени (счётчики электроэнергии), называются **интегрирующими**.

Устройство, ремонт и монтаж трансформаторов

Трансформатор – это статическое электромагнитное устройство, имеющее две или большее число индуктивно связанных обмоток и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока. На электростанциях и подстанциях устанавливаются трёхфазные и однофазные силовые трансформаторы и автотрансформаторы. Различают двухобмоточные трансформаторы с двумя гальванически не связанными обмотками, а также трёх– и многообмоточные трансформаторы с тремя (и более) гальванически не связанными обмотками. Передача энергии из первичной цепи трансформатора во вторичную происходит с помощью электромагнитного поля.

Трансформатор называется силовым, если он используется для преобразования электрической энергии в электрических сетях или для непосредственного питания приёмников энергии. Различают силовые трансформаторы общего назначения, служащие для питания сетей или приёмников электрической энергии, не отличающихся особыми условиями работы, характером нагрузки или режимом работы, и трансформаторы специального назначения, служащие для питания сетей или приёмников энергии, отличающихся особыми условиями работы, характером нагрузки или режимом работы.

Силовой трансформатор предназначен для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого (более высокого или низкого) напряжения (при неизменной частоте). Передача электрической энергии на большие расстояния осуществляется на высоких напряжениях (6, 10, 35 кВ и выше) с помощью силовые трансформаторов и линий электропередачи. В месте потребления электроэнергии её напряжение с помощью силовые трансформатора понижается до требуемого значения, соответствующего напряжению электроустановок потребителей. Передача электроэнергии высоких напряжений вызвана стремлением максимально снизить потери в передающих сетях и сечение проводов линии электропередачи.

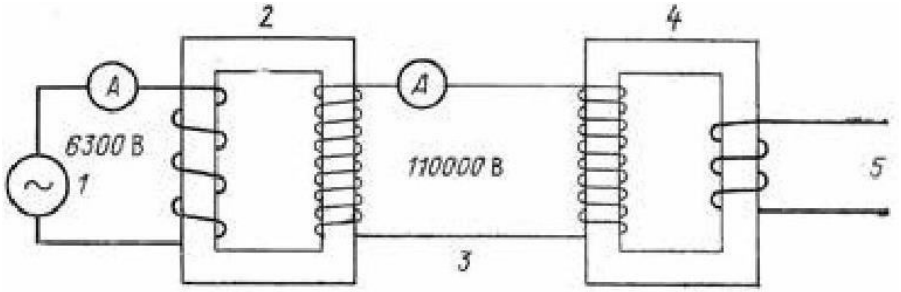


Рис. 64. Схема передачи электрической энергии:
1 – генератор; 2 – повышающий трансформатор; 3 – линия передачи; 4 – понижающий трансформатор; 5 – потребитель.

Силовой трансформатор – важнейший элемент электрической установки, сети и системы. Силовые трансформаторы характеризуются номинальными величинами, а также током и потерями холостого хода, напряжением, потерями и режимом короткого замыкания.

Номинальными называют величины, на которые рассчитан трансформатор: мощность, высшее и низшее напряжения, токи, частота и др.

Номинальная мощность трансформаторов выражается полной электрической мощностью в киловольт-амперах (кВ·А). Трансформаторы выпускают на определённые стандартные номинальные мощности и напряжение. Номинальное первичное напряжение – это напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка трансформатора; номинальное вторичное напряжение – это напряжение на зажимах вторичной обмотки при холостом ходе трансформатора и номинальном напряжении на зажимах первичной обмотки. Номинальные токи определяются соответствующими номинальными мощностью и напряжением. Номинальной частотой напряжения для силовых трансформаторов в России является 50Гц.

Током холостого хода называют ток, который при номинальных напряжении и частоте устанавливается в одной из обмоток при другой разомкнутой обмотке в двухобмоточном трансформаторе. Потери, возникающие при этом в трансформаторе, называют ***потерями холостого хода***. Ток холостого хода обычно выражается в процентах номинального.

Напряжением короткого замыкания двухобмоточного трансформатора является напряжение, которое при номинальной частоте следует подвести к зажимам одной из обмоток при замкнутой накоротко другой обмотке, чтобы в них установились номинальные токи. Обычно напряжение короткого замыкания выражается в процентах номинального напряжения обмотки ($\boldsymbol{U}_{\text{к}}$

%). Потери, возникающие в трансформаторе при этом режиме, называют ***потерями короткого замыкания***. Для определения $U_к$ опыт короткого замыкания проводят при замкнутой накоротко вторичной обмотке и первичном напряжении, пониженном на столько, чтобы токи в обмотках не превысили их номинальные значения. Этот опыт можно проводить со стороны любой из двух обмоток трансформатора. Он входит в число обязательных контрольных испытаний, которым подвергается каждый силовой трансформатор перед выпуском с завода.

Силовые трансформаторы рассчитаны на допустимые нагрузки и перегрузки.

Допустимая нагрузка – длительный режим работы трансформатора, при котором расчётный износ (старение) изоляции обмоток от нагрева не превышает износа, соответствующего номинального режиму работы. ***Перегрузка*** трансформатора – это такая нагрузка, при которой расчётный износ изоляции обмоток, соответствующий установившимся превышениям температуры, превосходит износ, соответствующий номинальному режиму работы. *Нагрузочная способность* представляет собой совокупность допустимых нагрузок и перегрузок трансформатора. Исходный режим для определения нагрузочной способности – номинальный режим работы трансформатора при номинальных условиях места установки и охлаждающей среды, определяемых соответствующим стандартом или техническими условиями.

В паспортных данных трансформаторов указываются: тип трансформатора; номинальные мощность, напряжения и токи обмоток ВН и НН; токи короткого замыкания; число фаз; схема и группа соединения обмоток; частота тока; режим работы (длительный или кратковременный); способ охлаждения; род установки (внутренний или наружный); масса трансформатора и активной части. Все трансформаторы имеют буквенные и цифровые условные обозначения: *число фаз* (О – для однофазных, Т – для трёхфазных); *вид охлаждения* (М – естественное масляное, Д – масляное с дутьём и естественной циркуляцией, ДЦ – масляное с дутьём и принудительной циркуляцией, МВ – масляно-водяное с естественной циркуляцией масла, Ц – масляно-водяное с принудительной циркуляцией масла; С, СЗ, СГ, и СД – естественное воздушное охлаждение соответственно при открытом, защищённом, герметическом исполнении и с принудительной циркуляцией воздуха; Н – естественное охлаждение негорючим жидким диэлектриком, НД – охлаждение негорючим жидким диэлектриком с принудительной циркуляцией воздуха); ***число обмоток***, работающих на

самостоятельные сети (если обмоток более двух, трёхобмоточный трансформатор обозначают буквой Т). Трансформаторы и автотрансформаторы выпускаются с ***различными системами регулирования напряжения***: без регулирования напряжения, с регулированием напряжения путём переключения числа витков обмоток без возбуждения (система ПБВ), с регулированием напряжения под нагрузкой (система РПН).

Отечественной промышленностью выпускаются силовые трансформаторы следующих стандартных мощностей: 10, 16, 25, 40 и 63 В·А с увеличением каждого из значений в 10, 100, 1000 и 10 000 раз.

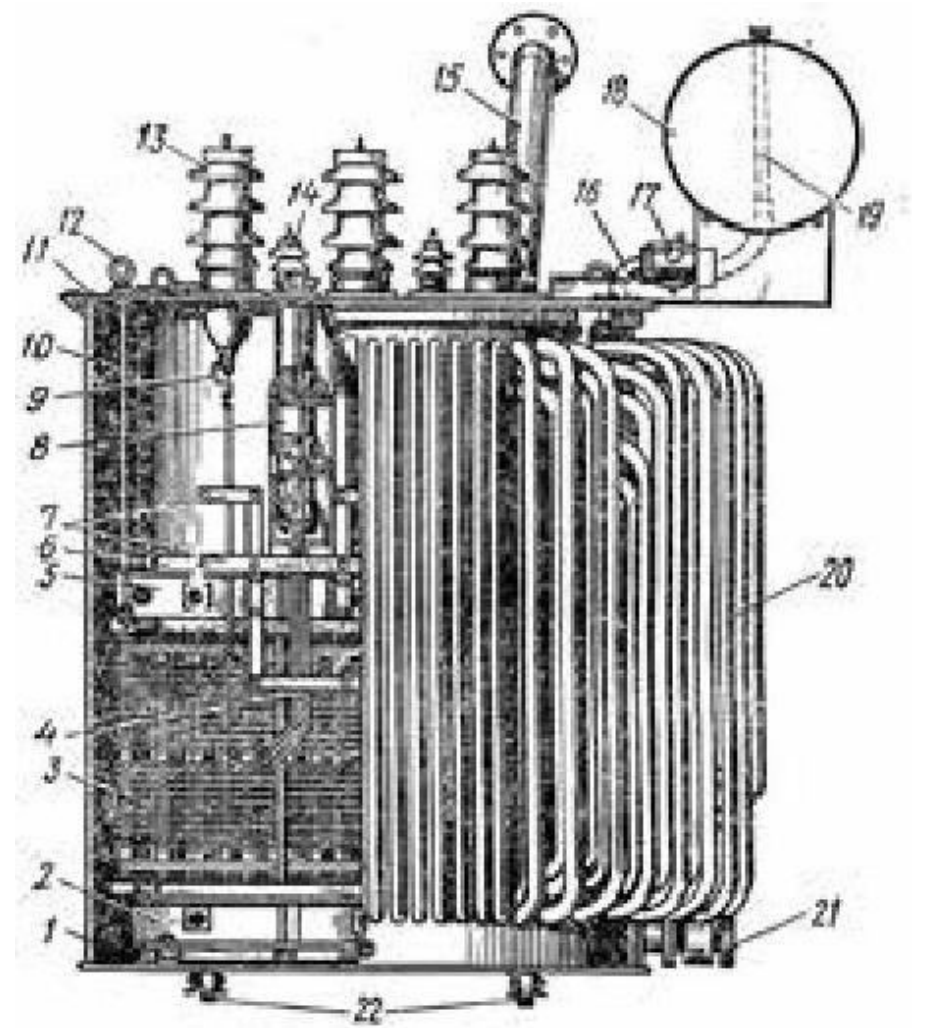


Рис. 65. Силовой трёхфазный двухобмоточныйтрансформатор ТМ с масляным охлаждением:

1 – бак; 2, 5 – нижняя и верхняя ярмовые балкимагнитопровода; 3 – обмотки ВН; 4 – регулировочныеотводы к переключателю; 6 – магнитопровод; 7 – деревянные планки крепления отводов; 8 – отвод от обмотки ВН; 9 – переключатель; 10, 12 – подъёмные шпильки и кольцо (рым); 11 – крышка бака; 13,14 – вводы ВН и НН; 15 – предохранительная (выхлопная) труба; 16 – маслопровод; 17 – газовое реле; 18 – расширитель; 19 – указатель уровня масла; 20 – маслоохладительные (циркуляционные) трубы; 21 – маслоспускной кран; 22 – каток тележки.

Силовой трёхфазный двухобмоточный трансформатор ТМ с масляным охлаждением является простым по конструкции небольшой мощности (1 800кВ·А). Выпускаемые заводами-изготовителями мощные трёхобмоточные силовые трансформаторы имеют более сложную конструкцию. Они снабжены рядом дополнительных устройств, обеспечивающих их длительную работу.

Термосифонный фильтр в данном трансформаторе обеспечивает непрерывную очистку и регенерацию всего объёма масла; воздухоочиститель предотвращает увлажнение масла и сохраняет его высокую диэлектрическую прочность; радиаторы (трубчатые охладители) снабжены вентиляторами, которые обеспечивают хорошую циркуляцию и охлаждение масла.

В современных мощных силовых трансформаторах используют электроизоляционные материалы, обладающие более высокими диэлектрическими показателями, новые конструкции магнитопроводов, обмоток, переключателей и других частей трансформатора.

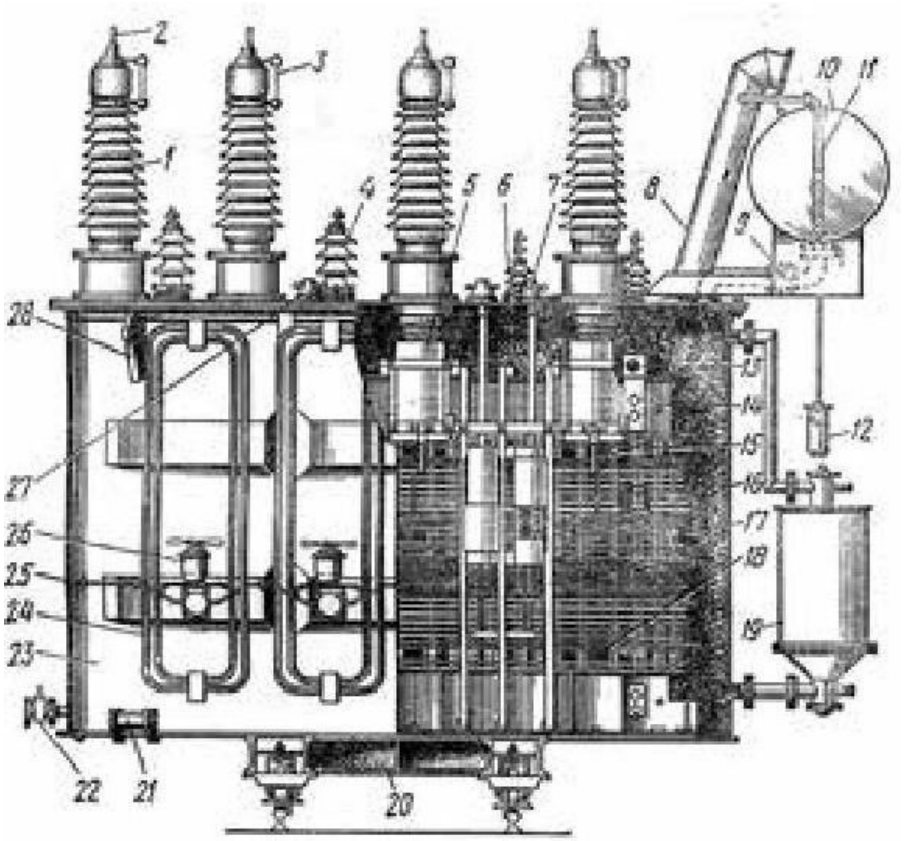


Рис. 66. Силовой трёхфазный трёхобмоточный трансформатор ТДТГ-16000 / 110:

1 – маслонаполненный ввод ВН (110кВ); 2 – токопроводящий стержень (шпилька); 3 – указатель уровня масла ввода ВН; 4, 6 – вводы СН (35кВ) и НН (10кВ); 5 – бумажнобакелитовый цилиндр ввода ВН; 7 – привод переключающего устройства обмотки ВН; 8 – предохранительная труба; 9 – газовое реле; 10 – расширитель (консерватор); 11 – указатель уровня масла в расширителе; 12 – воздухоочиститель; 13 – проушина для подъёма активной части трансформатора; 14 – ярмовая балка; 15 – линейный отвод ВН; 16 – переключающее устройство обмотки ВН; 17– обмотка ВН; 18 – экранирующие (ёмкостные) витки обмотки ВН; 19 – термосифонный фильтр; 20 – тележка с катками; 21 – площадка для установки домкрата; 22 – маслоспускной кран; 23 – бак; 24 – радиатор (трубчатый охладитель); 25 – электропроводка питания электродвигателей дутья; 26 – электродвигатель с крыльчаткой (дутьевой вентилятор); 27 – привод переключающего устройства обмотки СН; 28 – крюк для подъёма трансформатора.

Магнитопровод (магнитная система) силового

трансформатора представляет собой комплект пластин электротехнической стали или другого ферромагнитного материала, собранных в отдельную геометрическую форму, и служит для локализации в нём основного магнитного поля трансформатора. Он является важнейшим и конструктивно сложным элементом трансформатора, участвующим в энергопреобразующем процессе и вместе с обмотками составляющим его активную часть. Магнитопровод обладает магнитным сопротивлением, зависящим от длины цепи, его поперечного сечения, свойств материала, из которого он собран, а также от магнитной проницаемости стали.

Магнитопроводы трансформаторов собирают из пластин электротехнической стали, изолированных плёнкой жаростойкого покрытия или лака. Магнитопроводы представляют собой жёсткую конструкцию, на которой устанавливают и закрепляют обмотки НН и ВН, отводы, переключатели и другие детали активной части трансформаторов. Выпускают два типа магнитопроводов: стержневой и броневой.

Магнитопровод – наиболее ответственная часть трансформатора; от правильной сборки и способа выполнения заземления его в значительной мере зависит нормальная и длительная работа трансформатора.

Основным элементом обмотки трансформатора является виток, т. е. электрический проводник (или ряд параллельно соединённых проводников), который охватывает часть магнитной системы трансформатора и в котором под действием магнитного потока этой части наводится ЭДС. *Обмотка* – это совокупность витков, образующих электрическую цепь, где суммируются ЭДС, наведённые в витках (с целью получения высшего, среднего или низшего напряжения трансформатора). В трёхфазном трансформаторе под обмоткой обычно подразумевают совокупность обмоток ВН и НН всех трёх фаз.

Конструкцию обмотки выбирают с учётом мощности трансформатора, отнесённой к одному стержню, металла проводника обмотки (меди или алюминия), тока обмотки одного стержня, номинального напряжения обмотки и сечения витка.

Обмотки трансформатора состоят из обмоточного провода и предусмотренных конструкций изоляционных деталей, предназначенных для защиты витков обмотки от электрического пробоя и предотвращения их смещения под действием электромагнитных сил, а также создания охлаждающих каналов, необходимых для отвода теплоты от обмоток работающего трансформатора.

Обмотки различают по направлению намотки, расположению

на стержнях магнитопровода, схеме соединения отдельных элементов обмотки между собой и числу параллельных проводов.

Для регулирования напряжения путём изменения соединения ответвлений обмоток между собой или вводом служат *переключающие устройства* трансформаторов. Применение этих устройств связано с необходимостью обеспечения потребителей электрической энергией стандартного качества по напряжению. Регулирование может быть ручным или автоматическим. По конструкции и функциональному назначению переключающее устройство представляет собой коммутационный аппарат, состоящий из системы контактов, привода, механической передачи и различных приборов, обеспечивающих его нормальную работу. В современных трансформаторах применяют переключающие устройства ПБВ без возбуждения) и РПН (под нагрузкой).

Для соединения обмоток трансформатора с его вводами и переключателями служат *отводы*, представляющие собой электрические проводники.

Отводы, применяемые для соединения обмоток с вводами, называют линейными или главными, соединяющие обмотки с переключателями – регулировочными. В качестве проводников для отводов используют медные и алюминиевые круглые прутки, прямоугольные шины и гибкие многожильные провода. Отводы могут быть без изоляции либо изолированными кабельной бумагой или бумажно-бакелитовой трубкой.

Вводы состоят из фарфорового элемента, внутри которого проходит сквозной токопроводящий медный круглый стержень (шпилька) с резьбой на концах, служащий для присоединения к его нижнему концу отводы обмотки, а к верхнему – провода или шины внешней электрической цепи.

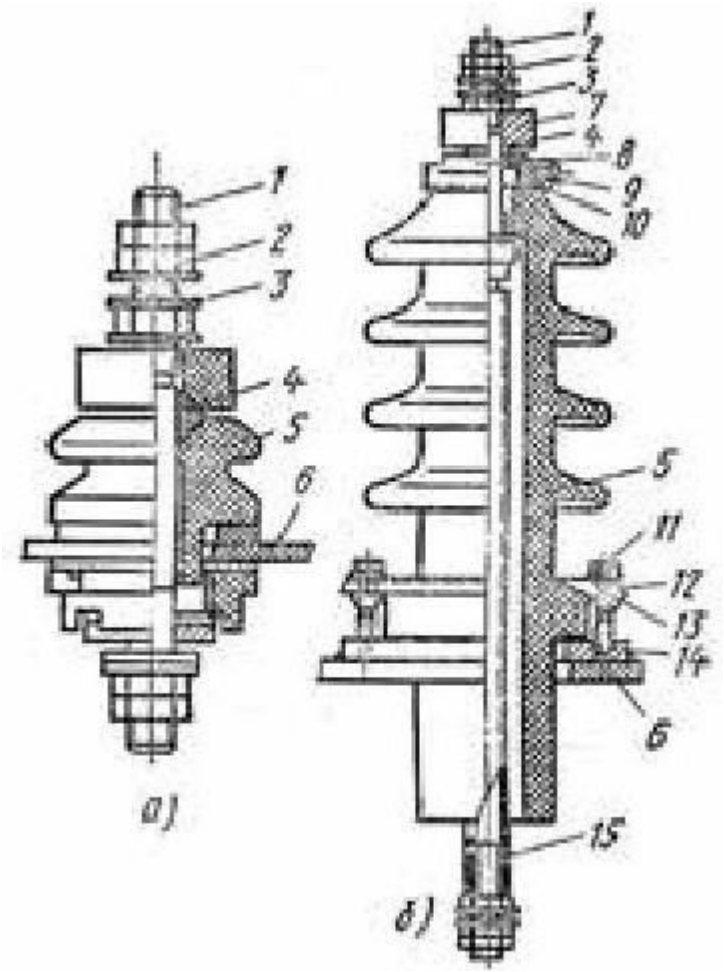


Рис. 67. Съёмные вводы:

а – на 1кВ, б – на 35кВ; 1,3 – медные шпильки и шайба, 2, 7, 8 – латунные гайка, втулка и колпак, 4, 10 – резиновые кольцо и шайба, 5 – фарфоровый изолятор, 6 – крышка бака, 9 – винт для выпуска воздуха, 11 – стальной болт, 12 – стальной штампованный фланец, 13 – алюминиевый прижимный кулачок, 14 – установочный фланец, приваренный к крышке, 15 – бумажно-бакелитовая трубка.

Размеры и конфигурация фарфоровых элементов вводов зависят от назначения трансформатора (для внутренней или наружной установки) и от напряжения: чем выше напряжение трансформатора, тем больше размеры и более увеличены рёбра фарфорового элемента ввода. Сечение токопроводящей шпильки зависит от тока.

К основным элементам силового трансформатора также относятся: **бак, крышка, расширитель** и **газовое реле**.

Бак трансформатора с масляным охлаждением представляет собой резервуар, в котором размещаются активная часть и другие детали трансформатора. Баки имеют, как правило, овальную форму, максимально приближённую к форме (очертанию) активной части трансформатора, помещаемой в баке. В нижней части стенки всех баков имеется патрубок с краном для спуска масла из бака. К днищу бака прикреплена тележка для перемещения трансформатора на небольшие расстояния в пределах подстанции.

Крышка служит для герметизации бака, а также установки на ней расширителя, предохранительной трубы, вводов, привода переключателя и гильзы для термометра, а также патрубка, соединяющего бак с расширителем, и другого оборудования.

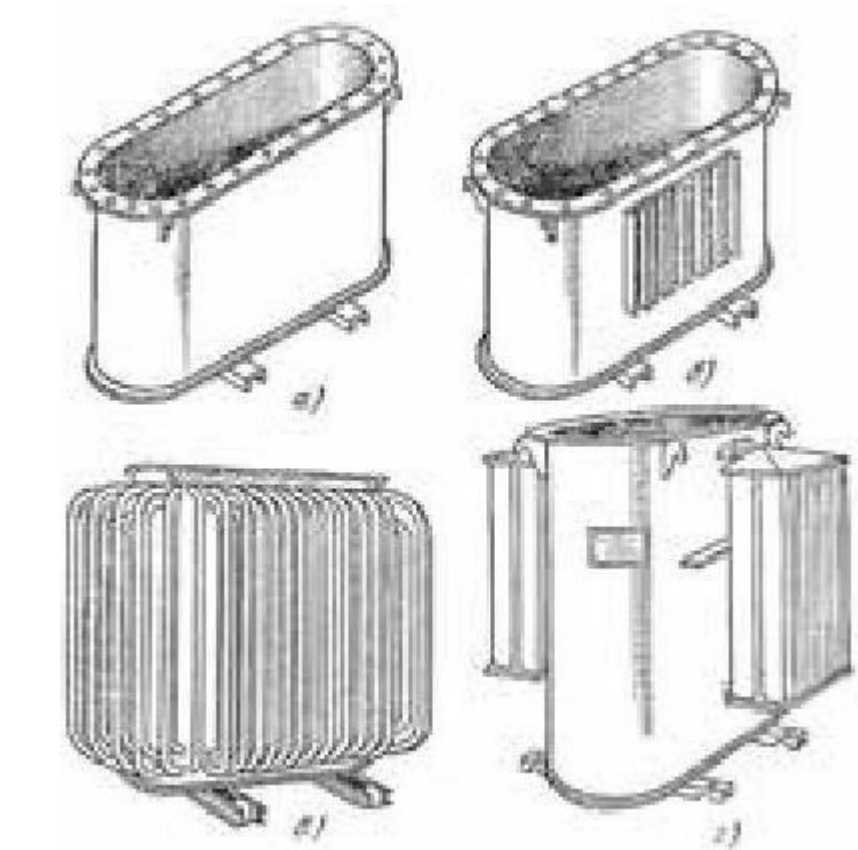


Рис. 68. Баки силовых трансформаторов:
а *– гладкий,* ***б*** *– ребристый,* ***в*** *– трубчатый,* ***г*** *– радиаторный.*

Расширитель необходим для компенсации изменяющегося объёма масла в баке трансформатора вследствие температурных колебаний. Наличие расширителя обеспечивает постоянное

заполнение маслом бака трансформатора, что предохраняет от увлажнения масло и обмотки активной части трансформатора. При изменениях объёма масла трансформатора изменяется и уровень масла в расширителе, а следовательно, и объём воздуха в расширителе: при увеличении объёма масла воздух вытесняется из расширителя в окружающую атмосферу, при снижении – поступает в расширитель из окружающей атмосферы. Этот процесс, многократно повторяющийся в работающем трансформаторе, подобен дыханию, поэтому принято говорить, что трансформатор «дышит». Чтобы при «дыхании» трансформатора масло не увлажнялось и не загрязнялось, расширитель снабжают воздухоосушителем (заполненным силикагелем) с устройством для очищения воздуха от механических примесей (масляный затвор). При наличии воздухоосушителя весь поступающий в расширитель воздух, проходя через силикагель, освобождается от влаги, а механические частицы, содержащие в воздухе, оседают в масляном затворе. Расширитель соединён с баком с помощью патрубка (маслопровода), в рассечку которого установлены пробковый кран и газовое реле.

Газовое реле предназначено для сигнализации о возникновении в частях трансформатора, расположенных в его баке, повреждений, вызывающих местные нагревы и вследствие этого разложение масла, дерева или изоляции, сопровождающееся интенсивным образованием газов. Газовое реле реагирует также на резкое снижение уровня масла, вызванное его утечкой из бака. При серьёзных повреждениях, грозящих перейти в аварию и сопровождающихся сильным газообразованием, контакты реле замыкают цепь приборов, отключающих трансформатор от неповреждённой части электроустановки.

Для поглощения влаги, которая содержится в воздухе, поступающем в трансформатор, и, следовательно, для защиты имеющегося в нём масла от увлажнения служит *воздухоочиститель*. Задерживая частицы твёрдых веществ, содержащихся в поступающем воздухе, он одновременно служит фильтром. В нижней части воздухоосушителя расположен масляный затвор, предохраняющий силикагель от увлажнения и задерживающий механические примеси, содержащиеся в воздухе, поступающем в трансформатор через осушитель. Масляный затвор воздухоосушителя действует по принципу сообщающихся сосудов. При понижении уровня масла в расширителе пространство, освобождающееся в нём, заполняется воздухом извне.

Для очистки масла непрерывной регенерацией его при работе трансформатора служит ***термосифонный фильтр***. Систематическая очистка масла крайне необходима, поскольку при работе трансформатора масло нагревается, а вследствие этого процессы его окисления усиливаются. Термосифонными фильтрами снабжаются мощные трансформаторы (2 500кВ·А и выше), что допускает длительную работу масла в них без специальной очистки и регенерации, масло при этом сохраняет необходимые чистоту и диэлектрическую прочность.

В электроустановках кроме силовых трансформаторов применяют **измерительные трансформаторы** – трансформаторы тока и трансформаторы напряжения.

Трансформатор тока – это электрический аппарат, предназначенный для снижения тока первичной цепи до значения, при котором наиболее целесообразно осуществлять питание соответствующих цепей измерительных приборов, устройств релейной защиты, автоматики, сигнализации и управления.

Трансформаторы тока применяют при измерении больших токов, когда включение приборов непосредственно на токи контролируемой цепи невозможно. Наличие трансформаторов тока позволяет устанавливать измерительные приборы на значительном расстоянии от контролируемых цепей и таким образом концентрировать их в одном месте, например на щите или пульте управления, находящемся под наблюдением дежурного персонала.

Трансформатор тока состоит из замкнутого сердечника, набранного из тонких листов электротехнической стали, и двух обмоток: первичной и вторичной. Первичную обмотку трансформатора тока включают последовательно в контрольную цепь, а к вторичной обмотке присоединяют токовые катушки различных контрольных и измерительных приборов. Первичные обмотки трансформаторов тока выполняют на номинальные токи от5 до 10 000А, а вторичные – обычно на 5А или на 1А.

Условное обозначение трансформаторов тока состоит из двух частей: буквенной и цифровой. Буквенная часть содержит обычно от двух до пяти букв, указывающих следующее: Т – трансформатор тока, П – проходной, О – одновитковый или М – многовитковый, Л – с литой изоляцией, Ф – с фарфоровой изоляцией. При отсутствии в обозначении буквы П трансформатор тока является опорным. Цифры после букв в обозначении указывают номинальное напряжение трансформатора тока.

Трансформаторы напряжения имеют большое

конструктивное сходство с силовыми трансформаторами и служат для питания цепей напряжения различных приборов (ваттметров, счётчиков и др.) и реле. Первичные обмотки трансформаторов напряжения включают параллельно в сеть. Номинальное напряжение на зажимах вторичной обмотки 100В. Измерительные приборы и реле включают во вторичную цепь трансформатора напряжения параллельно.

Трансформаторы напряжения изготовляют одно– и трёхфазными. Трёхфазные трансформаторы бывают трёх– или пятистержневыми. Схемы включения одно– и трёхфазных трансформаторов напряжения выбирают в зависимости от системы сети, исполнения трансформатора и его назначения в данной электроустановке.

Буквы и цифры в условном обозначении трансформаторов напряжения обозначают следующее: Н – трансформатор напряжения, О – однофазный, М – масляный, С – сухой, К – залитый компаундом (НОСК) или с компенсационной обмоткой (НТМК), И – пятистержневой (для включения приборов контроля изоляции), Т – трёхфазный (НТМИ); цифры после букв – номинальное напряжение обмотки ВН.

Для проведения ремонтных работ в цепях напряжения (при отключении трансформатора напряжения), в цепях всех видов основных и дополнительных обмоток должен создаваться видимый разрыв, для чего предусматриваются рубильники.

В обеспечении длительной безаварийной работы трансформатора большую роль играет его изоляция. Различают изоляцию маслонаполненного трансформатора внешнюю внутреннюю. К внешней относят воздушную изоляцию, находящуюся вне бака, например изоляционное расстояние по воздуху между вводами трансформатора. Внутренней является изоляция, расположенная внутри бака. Она делится на главную и продольную. К главной изоляции относят детали, изолирующие обмотки друг от друга и от заземлённых частей, например электрокартонные (мягкие) и бумажно-бакелитовые (жёсткие) цилиндры, масляные каналы и др. В продольную изоляцию входит изоляция витков обмотки, между её катушками или дисками, между слоями и элементами ёмкостной защиты обмотки. В процессе работы трансформатора все элементы его главной и продольной изоляции подвергаются различным воздействиям, снижающим их электрическую прочность и сроки службы.

Наиболее сильное отрицательное воздействие на электрическую прочность изоляции оказывают химические процессы, происходящие в трансформаторе из-за наличия в

изоляции посторонних примесей в виде: влаги, оставшейся в изоляции при недостаточной сушке обмоток после ремонта или скопившейся вследствие увлажнения охлаждающего масла трансформатора; остатка растворителя пропиточного лака, не удалённого при запекании пропитанных обмоток; воздушных или газовых включений в изоляцию, оставшихся при заполнении бака трансформаторным маслом; посторонних механических примесей и твёрдых частиц, попавших в бак при его заполнении маслом.

Качество изоляции – основной показатель, определяющий надёжность трансформатора в эксплуатации, поэтому при ремонте трансформаторов качеству и соблюдению технологии изоляционных работ необходимо уделять особое внимание.

Трансформатор с повреждёнными обмотками или другими его частями подлежит немедленному выводу из работы и ремонту. На разборочном участке очищают трансформатор, сливают масло из его расширителя, бака и маслонаполненных вводов, а затем, убедившись из записей в сопроводительных документах и из предварительных испытаний в неисправности трансформатора, переходят к его разборке и *дефектировке*. Работа по дефектировке – наиболее ответственный этап ремонта, поскольку при этом определяются действительный характер и размеры повреждений, а также объём предстоящего ремонта и потребность в ремонтных материалах и оснастке.

Повреждения внешних деталей трансформатора (расширителя, бака, арматуры, наружной части вводов, пробивного предохранителя) можно выявить тщательными осмотрами, а внутренних деталей – различными испытаниями. В процессе дефектировки, как правило, разбирают трансформатор и при необходимости поднимают активную часть, что позволяет не только точно установить причины, характер и масштабы повреждений, но и определить требуемые для ремонта трансформатора материалы, инструменты, приспособления и время.

Разборка, ремонт и сборка трансформатора связаны с необходимостью выполнения электрослесарем большого объёма слесарных и сборочных работ.

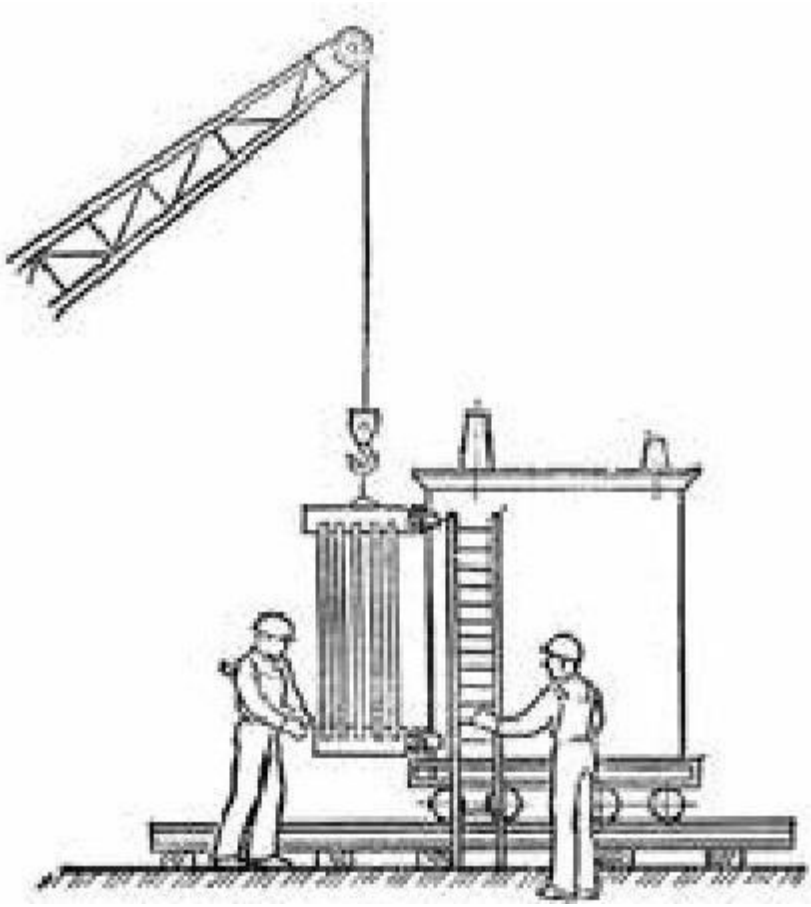


Рис. 69. Демонтаж радиатора трансформатора с помощью автокрана.

Последовательность выполнения операций разборки в каждом случае зависит от конструкции трансформатора, подлежащего ремонту. В ремонт поступают современные трансформаторы отечественного производства, отличающиеся по мощности и конструкции, и кроме этого трансформаторы выпуска прежних лет, а также выпускающиеся в прошлом и поставляемые в настоящее время зарубежными фирмами, поэтому рекомендовать какую-либо единую технологическую последовательность при выполнении операций разборки и ремонта всех поступающих в ремонт трансформаторов невозможно.

Перед разборкой проверяют комплектность поступающего в ремонт трансформатора (должны быть в наличии все сборочные единицы и детали, полагающиеся для данной конструкции), а также состояние его наружных частей, целость сварочных швов и соединений, отсутствие течи масла из фланцевых соединений

арматуры с баком.

При помощи мегомметра проверяют отсутствие обрывов и сопротивление изоляции обмоток НН и ВН на корпус и между обмотками ВН и НН. Проверяют также надёжность контактов обмотки с вводами, места паек, изоляцию шпилек и бандажей бесшпилечных трансформаторов, стягивающих сталь магнитопровода. При внешнем осмотре обращают внимание на состояние переключателей. Если оказываются повреждёнными магнитопровод или обмотки, трансформатор подлежит капитальному ремонту с разборкой активной части. Разборку начинают с демонтажа газового реле, термометра, расширителя и других устройств и деталей, расположенных на крышке трансформатора. Проверку исправности, испытание и ремонт реле производят в электролаборатории.

При дефектировке обмоток обычно бывает трудно определить место виткового замыкания. С этой целью на ряде электроремонтных предприятий применяют комплект приборов, состоящих из искателя, индикатора и питателя.

В ремонт поступают трансформаторы с различными повреждениями. У одних – оказывается повреждённой только изоляция обмоток, у других бывают повреждены (оплавлены) и обмоточные провода. Обмотки с небольшим участком выгоревших проводов и изоляции ремонтируют в ряде случаев только частичной перемоткой. Эксплуатация трансформаторов с частично перемотанными обмотками показала, что продолжительность их работы в 2–3 раза короче, чем у трансформаторов с полностью перемотанными обмотками. Поэтому при необходимости ремонта частично повреждённых обмоток в каждом случае целесообразно решать вопрос о возможности замены их вновь намотанными обмотками.

Электротехнические профессии

Трудно назвать такую профессию, работая по которой на современных промышленных предприятиях, транспорте, стройках, в сельском хозяйстве можно обойтись без знания об электричестве и магнетизме. Электротехника – это такая наука, которая изучает вопросы производства, преобразования, распределения и применения электрической энергии. Это ещё и отрасль техники, занимающаяся использованием электрических и магнитных явлений в практических целях: преобразование различных видов энергии в электрическую, применение её для превращения одних веществ в другие, получения и обработки материалов, передачи информации. В современном электротехническом производстве, связанном с обработкой электротехнических материалов, сборкой электрических машин и аппаратов, монтажом, ремонтом и обслуживанием электрических установок, применением электроизмерительных приборов, чтением и составлением электрических схем, необходимы специалисты электротехнических профессий.

Электромонтажник – одна из широко распространённых рабочих профессий. При выполнении строительных, монтажных и ремонтно-строительных работ нельзя обойтись без квалифицированных рабочих следующих профессий:

- электромонтажник по вторичным цепям;
- электромонтажник по кабельным сетям;
- электромонтажник по освещению и осветительным сетям;
- электромонтажник-наладчик;
- электромонтажник по распределительным устройствам;
- электромонтажник по силовым сетям и электрооборудованию;
- электромонтажник по электрическим машинам;
- электромонтажник по сигнализации, централизации и блокировке на железнодорожном транспорте и наземных линиях метрополитена;
- электромонтажник по аккумуляторным батареям и т. д.

Многие электротехнические профессии сочетают в себе электротехнические и слесарные работы. Эти профессии известны под общим названием ***электрослесарь***. Традиционно к электротехническим относится профессия ***электромонтёра***.

В содержании знаний, умений и навыков, необходимых для квалифицированных рабочих различных электротехнических профессий, есть много сходного. Так для работы по каждой из них надо иметь понятие о видах и свойствах электротехнических

материалов, стандартах и технической документации, устройстве и действии электрических машин, аппаратов, электроизмерительных приборов, основах экономики и организации производства, а также знать и уметь выполнять правила техники безопасности, организации рабочего места, пользования электромонтажным инструментом и т. д.

Характер электромонтажных работ за последние годы значительно изменился. Тяжёлый труд на многих операциях механизирован, применяется пневмо– и электроинструмент. На каждом предприятии есть свои ***рационализаторы*** и ***изобретатели***. Их увлечённость, мастерство, знания помогают развивать новые технологии, способствующие уменьшать энергетические затраты и увеличивать производительность труда.

Государственный комитет РФ по труду и социальным вопросам официально издаёт Единый тарифно-квалификационный справочник (ЕТКС) работ и профессий рабочих. В справочнике содержатся тарифно-квалификационные характеристики профессий рабочих, сгруппированные в разделы по производствам и видам работ, независимо от того, на предприятиях, в организациях какого министерства, ведомства эти производства или виды работ имеются.

Для примера рассмотрим профессию электромонтажник согласно ЕТКС работ и профессий рабочих.

ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИК ПО КАБЕЛЬНЫМ СЕТЯМ

(2 разряд)

Характеристика работ. Выполнение простейших работ при монтаже и демонтаже кабельных сетей.

Должен знать: основные марки кабелей. Сортамент цветных и чёрных металлов. Основные материалы, применяемые при изготовлении и монтаже электроконструкций. Основные виды крепёжных деталей и мелких конструкций. Основные виды инструментов, применяемых при электромонтажных работах. Простейшие электрические схемы.

Примеры работ. Установка и заделка деталей крепления. Снятие верхнего джутового покрова кабеля вручную. Изготовление мелких деталей крепления и прокладок, не требующих точных размеров. Окраска кабелей. Укрытие кабеля в траншеях и каналах. Пробивка гнёзд, отверстий и борозд по готовой разметке вручную.

ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИК ПО ОСВЕЩЕНИЮ И ОСВЕТИТЕЛЬНЫМ СЕТЯМ

(2 разряд)

Характеристика работ. Выполнение простейших работ при монтаже и демонтаже осветительных проводок и сетей.

Должен знать: основные марки проводов и кабелей. Сортамент цветных и чёрных металлов. Основные материалы, применяемые при изготовлении и монтаже электроконструкций. Основные виды крепёжных деталей и мелких конструкций. Основные виды инструментов, применяемых при электромонтажных работах. Простейшие электрические схемы.

Примеры работ. Установка и заделка деталей крепления для осветительных проводок (винты, шурупы, ролики). Установка скоб, крюков, конструкций. Снятие верхнего джутового покрова кабеля вручную. Изготовление мелких деталей крепления и прокладок, не требующих точных размеров. Окраска проводов и кабелей. Пробивка гнёзд, отверстий и борозд по готовой разметке вручную.

ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИК ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МАШИНАМ

(2 разряд)

Характеристика работ. Выполнение простейших работ при монтаже электрических машин.

Должен знать: основные марки проводов и кабелей. Сортамент цветных и чёрных металлов. Основные материалы, применяемые при изготовлении и монтаже электроконструкций. Основные виды крепёжных деталей и мелких конструкций. Основные виды инструментов, применяемых при электромонтажных работах. Простейшие электрические схемы.

Примеры работ. Установка и заделка деталей крепления для проводок и шин заземления. Установка скоб, крюков, конструкций для магнитных пускателей. Снятие верхнего джутового покрова кабеля вручную. Изготовление мелких деталей крепления и прокладок, не требующих точных размеров. Забивка вручную электродов заземления. Окраска проводов, кабелей и шин.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

Причины электротравматизма

Электрический ток, проходя через тело человека, поражает, прежде всего, центральную нервную систему. В результате этого нарушается работа сердца и органов дыхания, что может привести к смерти. Степень поражения электрическим током зависит главным образом от трёх факторов: силы тока, частоты тока и пути, по которому проходит ток через организм человека.

Наибольшая опасность для человека возникает в тех случаях, когда при поражении его ток проходит через нервные центры органов дыхания и кровообращения.

Возможны два случая прикосновения человека к токоведущим частям: двухполюсное, когда человек коснулся двух неизолированных проводов электрической сети, и однополюсное, когда человек касается одного из проводов.

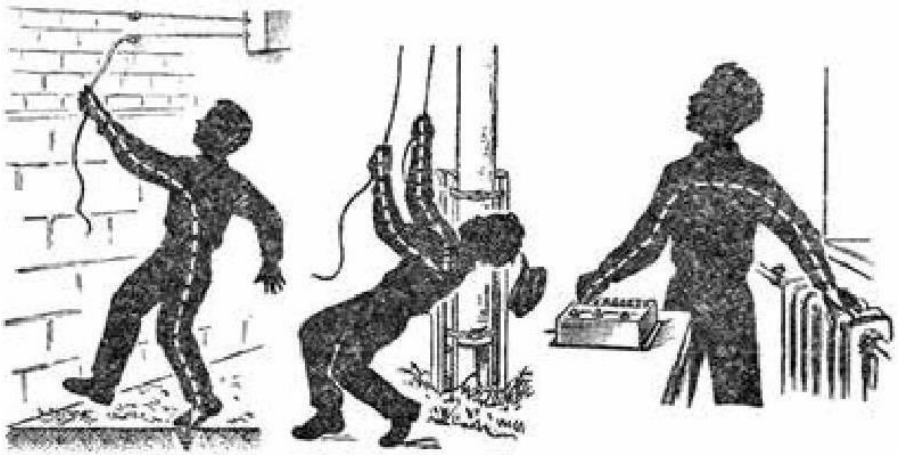


Рис. 70. Примеры опасных для жизни случаев поражения человека электрическим током (пунктирной стрелкой указан путь эл. тока).

Поражение людей током происходит чаще всего вследствие:

• прикосновения к неизолированным токоведущим частям – оголённым проводам, контактам электрических машин, рубильников, ламповых патронов, предохранителей и других аппаратов и приборов, находящихся под напряжением;

• прикосновения к частям электроустановки, не предназначенным для прохождения тока (корпус электродвигателя), но в результате повреждения изоляции оказавшихся под опасным напряжением;

• прикосновения к токопроводящим частям, не являющимся частями электроустановки, но случайно оказавшимся под напряжением (сырые стены, металлические конструкции здания);

• нахождения вблизи места соединения с землёй оборванного провода электросети;

• несоблюдения правил техники безопасности в быту.

Определённую опасность для человека представляет так называемое шаговое напряжение – разность потенциалов между двумя точками земной поверхности (~0,9 м), по которой течёт ток замыкания на землю. Шаговое напряжение опасно особенно вблизи высоковольтных установок.

Предупреждение травматизма

Для предупреждения электротравматизма применяют различные защитные средства.

Чтобы предупредить поражение человека электрическим током, необходимо прежде всего исключить возможность случайного прикосновения к токоведущим частям.

Распределительные щиты, щитки и пункты размещают в специальных помещениях или запираемых шкафах, не имеющих токоведущих частей на лицевой стороне. Для наружных установок и воздушных электрических сетей установлены необходимые высоты и габариты приближения к различным зданиям и сооружениям, обеспечивающие невозможность прикосновения к проводам.

Рис. 71. Некоторые защитные средства, применяемые для предупреждения электротравматизма:

а *– резиновые перчатки,* ***б*** *– резиновые боты,* ***в*** *– резиновые галоши,* ***г*** *– изолирующая подставка,* ***д*** *– изолирующие (диэлектрические) коврик и дорожка.*

С целью исключения возможности поражения электрическим током монтаж и ремонт электроустановок необходимо производить в соответствии с определёнными требованиями:

– все электроустановки должны быть смонтированы так, чтобы их токоведущие части были недоступны для случайного прикосновения – провода и кабели тщательно изолированы,

другие токоведущие части закрыты защитными ограждениями в виде кожухов;

– металлические части электрооборудования, не предназначенные для прохождения по ним электрического тока, должны быть заземлены, т. е. преднамеренно соединены с землёй;

– не разрешается производить монтаж или ремонт электроустановок, если они находятся под напряжением; необходимо перед началом работы с помощью указателя напряжения или других аналогичных средств убедиться, что напряжение отсутствует.

К защитным средствам, применяемым в электроустановках, относятся так же специальные плакаты.

Рис. 72. Плакаты по технике электробезопасности:
***а** – предостерегающие, **б** – запрещающие, **в** – разрешающие.*

Плакаты вывешивают на дверях и стенах помещений, в которых находятся электроустановки; на электрических щитках и на рубильниках; на опорах линии электропередачи и т. д. Указания, имеющиеся на этих плакатах необходимо строго соблюдать.

Заземление

Металлические части электрических машин, аппаратов, приборов и т. п., непредназначенные для прохождения по ним тока, могут оказаться под напряжением из-за нарушения или ухудшения изоляции. В случае прикосновения человека к этим частям создаётся опасность поражения его электрическим током. Чтобы исключит это, выполняют защитное заземление.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землёй металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Заземлитель – это проводник (электрод) или совокупность металлических соединённых между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землёй. Им может быть вертикально забитый отрезок трубы, рельса или горизонтально расположенные металлические полосы, лист, провод (без изоляции). ***Заземляющий проводник*** соединяет заземлители с заземляемой частью электроустановки.

Электрическое сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом. В этом случае исключается поражение человека током, даже если он прикоснётся к корпусу электродвигателя, электрического щитка и т. п., оказавшемуся под напряжением.

Заземляющее устройство периодически проверяют. Открыто проложенные заземляющие проводники должны быть окрашены в чёрный цвет. К ним необходимо иметь доступ для осмотра (кроме скрыто проложенных под землёй). Для испытаний заземляющего устройства периодически измеряют его электрическое сопротивление с помощью специального прибора – измерителя сопротивления заземления.

Кроме защитного заземления иногда выполняют зануление – преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением, с глухозаземлённой нейтралью трансформатора или генератора.

Статическое электричество

Статическое электричество – это электричество трения, которое возникает: при трении диэлектриков друг о друга, диэлектрика о проводник; при дроблении диэлектриков; при ударах диэлектрика о диэлектрик, диэлектрика о проводник; при разрыве диэлектрика. Заряды статического электричества возникают, накапливаются и исчезают немедленно. В производственных условиях многие процессы сопровождаются образованием зарядов статического электричества. Иногда эти заряды стекаются в землю или нейтрализуются, в других случаях они накапливаются, создавая высокие потенциалы, достигающие порой десятков тысяч вольт.

Заряды статического электричества возникают: при транспортировке жидких диэлектриков по трубопроводам; в резервуарах с нефтепродуктами при их заполнении или опоражнивании; при свободно падающей струе или при бурном перемешивании нефтепродуктов в газопаровом пространстве и др.

Статическое электричество наносит вред продукции, портит сырьё, замедляет производственный процесс, может быть причиной взрыва или пожара. Противопожарные мероприятия проводят в двух направлениях:

• не допустить образования разрядов с высоким потенциалом;

• не допустить разряда с образованием искр.

Эти мероприятия назначают с учётом пожарной опасности технологических процессов и их особенностей. Наиболее простым и надёжным способом является ***заземление***. Для защиты от разрядов статического электричества вся металлическая аппаратура, резервуары, нефтепроводы, сливно-наливные устройства, ёмкости для хранения и транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей подлежат заземлению не менее как в двух точках.

Заземление от статического электричества обычно объединяют с защитным заземлением электрооборудования и с заземлением от вторичных проявлений молнии, выполняя в виде общего контура.

Пожарная безопасность электроустановок

Любая электроустановка представляет опасность в отношении возникновения пожара. Пожарная опасность обуславливается последствиями, которые имеют место при выходе из строя электроустановок. Очень опасен перегрев токоведущих жил проводника, ведущий к загоранию изоляции. Довольно частыми являются местные нагревы проводов в местах их соединений с помощью скрутки без опрессовки, плохого контактного соединения при подключении к коммутационным и защитным аппаратам.

Скрытые электропроводки менее опасны, чем открытые, но и они могут быть причиной возникновения пожаров в аварийных условиях. Возгорание электрических проводок возможно при прокладке проводов в стальных трубах и металлорукавах, которые прожигаются при протекании по проводам токов аварийного режима.

Пожарную опасность создают лампы накаливания из-за высокой температуры колбы, особенно запылённой или загрязнённой. Иногда в лампах накаливания возникают дуговые разряды, которые могут вызвать взрыв колбы или проплавление её частицами раскалённой вольфрамовой спирали.

Существуют и другие причины возникновения пожаров при неправильном проектировании, монтаже и эксплуатации электроустановок и несоблюдении правил и норм.

При тушении пожара в электроустановках необходимо принять неотложные меры по их отключению.

Для тушения пожара применяют воду и специальные химические вещества. Вода – наиболее дешёвое и распространённое средство, но её нельзя применять для тушения легко воспламеняющихся жидкостей.

Воду нельзя применять и для тушения электроустановок, находящихся под напряжением. Из химических средств огнетушения широкое применение получил диоксид углерода (CO_2). Образуя при быстром испарении снегообразную массу, он охлаждает горящее вещество и снижает концентрацию кислорода. Благодаря низкой электропроводности CO_2 может быть использован для тушения электроустановок, находящихся под напряжением.

После ликвидации пожара установку включают только после очистки и проверки её состояния.

Первая медицинская помощь при поражении электрическим током

Успех при оказании первой помощи пострадавшему от электрического тока зависит от быстроты и правильности действий окружающих. Промедление или неумение оказывающими помощь выполнить необходимые действия могут повлечь за собой смерть пострадавшего.

При поражении человека электрическим током необходимо:

• освободить пострадавшего от действия электрического тока, используя подручные средства (доска, палка, сухая одежда, предметы, не проводящие ток), выключить напряжение;

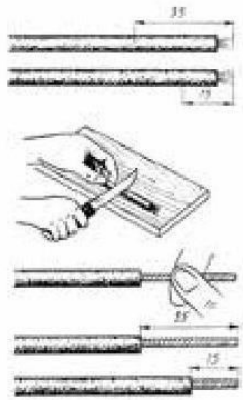
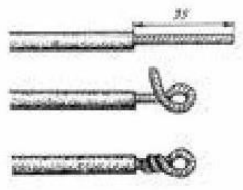
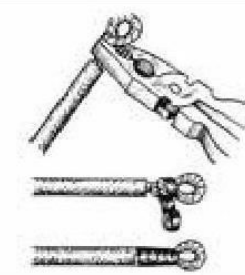
• если пострадавший в сознании, без видимых тяжёлых ожогов и травм, его надо положить на спину, расстегнуть стесняющую дыхание одежду;

• не позволять двигаться, не давать пить – это вызовет рвоту и нарушит дыхание;

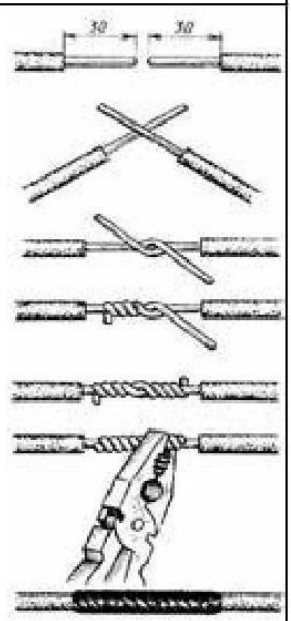
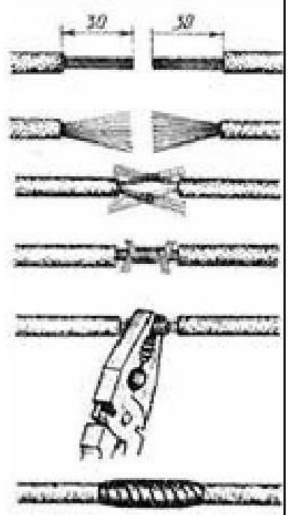
• при отсутствии сознания, но сохранившемся дыхании уложить пострадавшего на бок на твёрдую горизонтальную поверхность и обеспечить приток свежего воздуха;

• если нарушено дыхание и сердцебиение, немедленно приступить к проведению искусственного дыхания и непрямому массажу сердца, не прекращая их до полного появления самостоятельного дыхания и сужения зрачков или до прибытия врача.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1

№ п/п	Последовательность выполнения работы	Графическое изображение
	Зачистка провода	
1	Возьмите два одножильных многопроволочных провода. Надрезав ножом изоляционную оболочку, снимите ее с конца одного провода 35 мм, а с конца второго — 15 мм	
2	Зачистите проволочки проводов до блеска и скрутите в тутой жгутик	
	Оконцовывание тычком	
	На срезе изоляции провода со жгутиком длиной 15 мм закрепите конец изоляционной ленты. Наматывая ленту так, чтобы каждый последующий виток накладывался на половину предыдущего, заизолируйте срез	
	Оконцовывание петелькой	
1	На проводе со жгутиком длиной 35 мм, используя круглогубцы, загните колечко диаметром 4 мм на расстоянии 8...10 мм от изоляционной оболочки	
2	Оставшимся концом обвейте провод на два-три оборота между колечком и изоляционной оболочкой	
3	Излишки провода откусите кусачками, а витки скрутки обожмите плоскогубцами	
4	Заизолируйте участок между петелькой и оболочкой провода. Плотно закрепите конец изоляционной ленты	

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2

№ п/п	Последовательность выполнения работы	Графическое изображение
	Сращивание проводов с однопроволочной жилой	
1	Возьмите два провода и удалите изоляцию с соединяемых концов на 30 мм	
2	Зачищенные жилы наложите друг на друга, перекрутите и каждым концом жилы сделайте вокруг провода три-четыре витка	
3	Оставшиеся концы жил откусите кусачками, витки плотно обожмите плоскогубцами	
4	Заизолируйте место сращивания проводов, обвивая изоляционной лентой сначала в одном направлении, а потом в обратном. Плотно закрепите конец изоляционной ленты	
	Сращивание проводов с многопроволочной жилой	
1	Возьмите два провода и удалите изоляцию с соединяемых концов на 30 мм	
2	Расплетите жгутики многопроволочных жил	
3	Сцепите между собой проволочки соединяемых проводов	
4	Плотно обвейте проволочки одного провода вокруг другого	
5	Оставшиеся концы жил откусите кусачками, а витки плотно обожмите плоскогубцами	
6	Заизолируйте место сращивания проводов, обвивая изоляционной лентой сначала в одном направлении, а потом в обратном. Плотно закрепите конец изоляционной ленты	

Литература

1. Акимова Г. Н. Электронная техника: Учебник для техникумов и колледжей ж. – д. трансп. – М.: Маршрут, 2003.

2. Атабеков В. Б. Ремонт трансформаторов, электрических машин и аппаратов: Учебник для средних ПТУ. – М.: Высшая школа, 1988.

3. Вернер В. В., Вартанов Г. Л. Электромонтёр-ремонтник: Учебник. – М.: Высшая школа, 1982.

4. Бухеров А. И. Средства заряда аккумуляторов и аккумуляторных батарей: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

5. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий. / Под редакцией Бальян Л. Г. – М.: Стройиздат, 1989.

6. Камнев В. Н. Монтаж устройств вторичной коммуникации: Учебник для средних ПТУ. – М.: Высшая школа, 1987.

7. Кокорев А. С. Электрослесарь по ремонту электрических машин: Учебник для технических училищ. – М.: Высшая школа, 1983.

8. Корнилов Ю. В. Слесарь-электромонтажник: Учебник для средних профессиональных технических училищ. – М.: Высшая школа, 1981.

9. Коршунов С. Е. и др. Справочник по монтажу силового и вспомогательного электрооборудования на электростанциях и подстанциях. / Под ред. Иванова Н. А., Этуса Н. Г. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

10. Краткий справочник паяльщика. / Под общ. редакцией Петрунина И. Е. – М.: Машиностроение, 1991.

11. Ломоносов В. Ю. и др. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

12. Мыльников М. Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках: Учебник для пожарно-технических училищ. – М.: Стройиздат, 1985.

13. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

14. Нудлер Г. И., Тульчин И. К. Электротехника и электрооборудование зданий: Учебник для строительных специальностей техникумов. – М.: Высшая школа, 1984.

15. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. – СПб.: Издательство «Лань», 2002.

16. Поляков В. А. Электротехника: Учебное пособие для

учащихся 9 и 10 классов средней общеобразовательной школы. – М.: Просвещение, 1986.

17. Справочник по пайке: Справочник. / Под редакцией Петрунина И. Е. – М.: машиностроение, 1984.

18. Хряпин В. Е. Справочник паяльщика. – М.: Машиностроение, 1981.

19. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства / Под общ. ред. профессоров МЭИ (гл. ред. Орлов И. Н.). – М.: Энергоатомиздат, 1986.